

CLEMENS REICHEL

**STEUERUNGSENTWURF FÜR FLÄCHENPORTAL MIT
SERVOANTRIEBEN UNTER NUTZUNG VON SINAMICS SAFETY
INTEGRATED ÜBER PROFISAFE**

DIPLOMARBEIT

AN DER

HOCHSCHULE MITTWEIDA

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

FAKULTÄT MASCHINENBAU

MITTWEIDA, 26.03.2010



ERSTPRÜFER:

PROF. DR. DIETMAR RÖMER

ZWEITPRÜFER:

PROF. DR. ROLF HIERSEMANN

Biografische Beschreibung:

Clemens Reichel, Matrikel Nr. 16423

Steuerungsentwurf für Flächenportal mit Servoantrieben unter Nutzung von SINAMICS Safety Integrated über PROFIsafe. – 2010. – 74S.

Hochschule Mittweida, Fachbereich Maschinenbau und Feinwerktechnik, Studiengang Mechatronik, Diplomarbeit 2010

Referat:

Ziel der Arbeit ist der Entwurf und die Dokumentation der Steuerung eines Flächenportals mit vier Servoantrieben. Zum Anfang wird die vorhandene Fabrik vorgestellt, es folgt das überarbeitete Konzept der Organisationsstruktur und Aufgabenverwaltung, in welchen das Portal mit eingegliedert wird.

Im Hauptteil richtet sich die Betrachtung im Wesentlichen auf die Sicherheitstechnik sowie die Sicherheitsfunktionen des Portals. Im speziellen betrifft dies die Komponenten Fehlersichere SPS, fehlersicheres Bedienpanel und die Sicherer Funktionen der Bewegungsachsen. Zum Schluss wird der Funktions- und Abnahmetest betrachtet, welcher Voraussetzung zur Inbetriebnahme der Anlage ist.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Arbeit selbstständige, ohne unzulässige Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel und Quellen angefertigt wurde.

Chemnitz, den 26.03.2010

Clemens Reichel

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Technische Voraussetzungen	2
2.1 Zielstellung und Funktionen	2
2.2 Ausgangspunkt	3
2.3 Projektierung der Hardware	3
2.3.1 Gewählte Komponenten:	5
2.3.2 Sicherheitslevel DIN EN 62061 und EN ISO 13849-1	6
2.3.3 Sicherheitsanalyse	7
2.4 Integration des Portals in die Fabrik	9
2.4.1 Topologie der vorhandenen Anlage	9
2.4.2 Befehlsstruktur bestehende Anlage	9
2.4.3 Befehlsstruktur neues Konzept	11
3. Sicherheitstechnische Prinzipien	13
3.1 Standard-Not-Halt	13
3.2 Not-Halt mit programmierbaren Steuerungen	13
3.2.1 Sicherheitsbus	13
3.2.2 Funktion einer Fehlersicheren SPS SIMATIC	14
3.2.3 Richtlinien zur F-Programmierung	15
3.3 Reaktionszeiten der Sicherheitsfunktionen	18
3.3.1 Zykluszeiten der F-SPS	18
3.3.2 Reaktionszeit bei Sicherung mit Laserscanner	19
3.3.3 Reaktionszeit bei Sicherung mit Schutztür	22
3.4 SIMATIC Hardware Konfiguration	23
3.4.1 Sichere Eingänge	27
4. Realisierung der Sicherheitsprinzipien	29
4.1 Kommunikation mit den Achsen	29
4.1.1 „Drive CLiQ“	30
4.2 Projektierung der Hardware im STARTER	30

4.2.1 Aufbau des Projektes	30
4.2.2 Zusammenfassung der DDS-Eingaben der Z-Achse	31
4.3 Anlegen von Safety Integrated	34
4.3.1 Konfiguration	36
4.4 Sichere Funktionen	39
4.4.1 „Sicherer Halt“	40
4.4.2 „Sichere Stopps“	41
4.4.3 Übersicht SS1 und SS2	45
4.4.4 „Safety-Limited Speed“	46
4.4.5 Safe Acceleration Monitor (SBR)	47
5. Konfiguration der Bewegungsachsen	48
5.1 Endlagen	48
5.2 Reglereinstellung	49
5.2.1 Aufbau der Regelstrecke	49
5.2.2 Stromregler	49
5.2.3 Geschwindigkeitsregler	50
5.2.4 kritische Lageregler-Verstärkung	52
5.3 Energieeffizienz	53
6. Betriebsarten und Bedienung der Anlage	55
6.1 Betriebsart „Einrichten“	55
6.1.1 Steuerung über ein "Mobile Panel"	55
6.2 MP 277 (F) – WLAN	56
6.2.1 Wirkbereich	56
6.2.2 Abschaltverhalten	58
6.2.3 Not-Halt Taster	59
6.2.4 Zustimmtaster	59
7. Funktionsnachweis	61
7.1 Abnahmetest	61
7.1.1 Test der Sicherheitsfunktionen	61
7.2 Voraussetzungen für einen Abnahmetest	62

7.2.1 Abnahme von SLS und SOS	62
7.3 Inhalt des vollständigen Abnahmetests	63
7.3.1 Dokumentation der Maschine inkl. Sicherheitsfunktionen	63
7.3.2 Funktionstest Teil 1	63
7.3.3 Funktionstest Teil 2	64
7.3.4 Protokollabschluss	64
9. Auswertung und Ausblick	65
10. Abspann	67
10.1 Literaturverzeichnis	67
10.2 Anhang	68
10.2.1 Zeichnung der Fabrik	68
10.2.2 Telegramm 110	69
10.2.3 Telegramm 390	71
10.2.4 Telegramm 370	73
10.2.5 OPC Datenfächer	74

Abkürzungsverzeichnis

A	Ausgänge
BDE	Betriebsdatenerfassung
Bitw	Bitweise verknüpft/verschlüsselt
BWF	Baukasten-wandlungsfähige-Fabrik
CPU	Central Processing Unit
CRC	cyclic redundancy check
CU	Control Unit
DB	Datenbaustein
DDS	Drive-Data-Set
DIL	Dual in-line (auch DIP)
Dint	Double-Integer (32bit Zahl)
DIP	Dual In-Line Package
DP	Dezentrale Peripherie
E	Eingänge
EHB	Elektro-Hängbahn
EPOS	Einfachpositionierer
FB	Funktionsbaustein
FC	Funktion
F-CALL	Fehlersichere Ablaufgruppe aufrufen
F-DB	Fehlersicherer Datenbaustein (im F-CALL)
F-DI	Failsafe Digital Input
F-DO	Failsafe Digital Output
F-FB	Fehlersicherer Funktionsblock (im F-CALL)
F-FC	Fehlersichere Funktion (im F-CALL)
FLS	Fertigungsleitstand
FOT	Fördertechnik
F-SPS	Fehlersichere SPS
FTS	Fahrerloses-Transportsystem
GSD	Generic-Station-Description (Gerätestammdatei)
HW	Hardware
ID	Identification
iMap	Internet Message Access Protocol
Int	Integer (16bit Zahl)
Kp	Proportionalverstärkung

Kv	entspricht Kp
LAN	Local Area Network
LLS	Logistikeitstand
LU	Length Unit
MP	Mobile Panel
OB	Organisationsblock
OLE	Object Linking and Embedding
OPC	OLE for process control
PA	Prozess-Automation
PAA	Prozess-Ausgangs-Abbild
PAW	Prozess Ausgangswort
PEA	Prozess-Eingangs-Abbild
PEW	Prozess Eingangswort
PL	Performance Level
PROFI	Process Field Bus
PZD	Prozessdaten
RAM	Random-Access Memory
ROM	Read-Only Memory
SBC	Safe Brake Control
SBR	Safe Acceleration Monitor
SI	Safety Integrated
SIL	Sicherheits-Integritäts-Level
SLS	Safety-Limited Speed
SM	Signalbaugruppe der Produktfamilie SIMATIC S7
SOS	Safe Operating Stop
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
SS1	Safe-Stop 1
SS2	Safe-Stop 2
SSM	Safe Speed Monitor
STO	Safe Torque Off
SW	Software
TM	Terminal Modules (Erweiterungsbaugruppe Ein- und Ausgänge)
Tni	Nachstellzeit des I-Anteils
WinCC	Windows Control Center
W-LAN	Wireless Local Area Network

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Portalroboter	3
Abbildung 2 Hierarchie der Servo-Antriebssteuerung	5
Abbildung 3: Performance-Level (3)	7
Abbildung 4: Schema der Fabrik-Steuerungsarchitektur (4)	9
Abbildung 5: Befehlsstruktur der bisherigen Auftragsverwaltung (5)	10
Abbildung 6: Befehlsstruktur der neuen Auftragsverwaltung (5)	11
Abbildung 7: PROFIsafe Topologie (6)	14
Abbildung 8: Sicherheitsprogramm und Ablaufgruppen	16
Abbildung 9: Sicherheitsabstand parallel (8)	20
Abbildung 10: Sicherheitsabstand rechtwinklig (8)	21
Abbildung 11: SPS DP Slave Eigenschaften Übersicht	23
Abbildung 12: SPS DP Slave Eigenschaften Details	24
Abbildung 13: SPS PROFIsafe-Eigenschaften	25
Abbildung 14: SPS Eigenschaften Fehlersichere Eingangsmodule	27
Abbildung 15: Kommunikationsprinzip mit den Achsen	29
Abbildung 16: Integrated Safety: Überwachungsart	34
Abbildung 17: Integrated Safety: Freigabe Safety Integrated	35
Abbildung 18: Integrated Safety: Konfiguration PROFIsafe	36
Abbildung 19: Integrated Safety: Geber-Parametrierung	38
Abbildung 20: Integrated Safety: Übersicht Stoppreaktionen (14)	39
Abbildung 21: Integrated Safety: STO und SBC	40
Abbildung 22: Integrated Safety: Sichere Stopps	42
Abbildung 23: Integrated Safety: Übersicht SS1 und SS2	45
Abbildung 24: Integrated Safety: SLS	46
Abbildung 25: Sicherung der Endlagen	48
Abbildung 26: Aufbau der Regelstrecke	49
Abbildung 27: Trace mit kleiner Regler-Nachstellzeit	51
Abbildung 28: Trace mit großer Regler-Nachstellzeit	52
Abbildung 29: Trace mit hoher Verstärkung	54
Abbildung 30: Trace mit geringer Verstärkung	54
Abbildung 31: Mobile Panel Kommunikation	55
Abbildung 32: Transponder- und Mobile-Panel-Sendebereich (16)	56
Abbildung 33: Mobile Panel Wirkbereich	57

1. Einleitung

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Planung und Realisierung der Steuerung eines Portalroboters mit 4 Freiheitsgraden.

Der Aufbau des Portalroboters findet im Rahmen des Projektes „Baukasten für wandlungsfähige Fabriksysteme“ (BWF) statt. Dies ist ein Forschungsprojekt an der TU-Chemnitz, in welchem auch andere Firmen integriert sind. Die BWF soll die Gegebenheiten einer Produktion, wie sie in der Industrie zu finden sind, so gut wie möglich nachbilden, damit eine Untersuchung der Wandlungsfähigkeit nicht nur am Rechner (Modelle, Simulation) stattfindet, sondern auch an realen Anlagenkomponenten getestet werden kann. Die grundsätzlichen Elemente Lagerort, Transportmittel und Produktionsmittel sind vorhanden und sollen mit diversen Plan-Tools gesteuert werden. Das Ziel ist eine hohe Flexibilität der Produktion, auf verschiedene Anforderungen und Änderungen reagieren zu können, mit möglichst wenig Aufwand von Zeit und Kosten. Die Forschung auf diesem Gebiet soll die Entwicklung von Konzepten, Vorgehensweisen und Methoden für die Gestaltung zukünftiger wandlungsfähiger Fabriksysteme voranbringen.

„Grundidee: Übertragung des aus der Computertechnik bekannten Prinzips Plug-and-Play auf die Konfiguration von Fabriken durch intelligente Kopplung von Ressourcen“ (1)

Die Firma Hiersemann hat den Auftrag einen Logistik-Leitstand zu realisieren, welcher alle Materialtransporte in der Fabrik steuert. Zum einen die stationäre Fördertechnik und zum anderen mehrere FTS (fahrerlose Transportsysteme) welche je eine Palette transportieren können. Der Schwerpunkt bei dem Entwurf des Leitstandes liegt dabei auf dem parallelisieren von Transporten und der Auswahl des geeigneten Transportweges.

Für die Firma Hiersemann ist ein weiteres Ziel des Projektes, Erfahrungen zu sammeln im Bereich Antriebssteuerung von Siemens-Antrieben, speziell im Bereich der Sicherheitsfunktionen. Dies ist auch das Hauptthema woran gearbeitet wurde und was diese Diplomarbeit enthält. Mit dem Einsatz einer "Fehlersicheren-SPS" (F-SPS) als Portalsteuerung wird Know-how der "Fehlersicheren Programmierung" erschlossen, um für den späteren Einsatz in der Industrie die Vorteile und Nachteile dieser Realisierung des Sicherheitssystems zu kennen und damit Umgehen zu können.

2. Technische Voraussetzungen

2.1 Zielstellung und Funktionen

Von der Technischen Universität Chemnitz wurden folgende Kriterien festgelegt:

Das Portal soll logistische Aufgaben ausführen in Form von Pick & Place. Die zu transportierenden Einheiten haben 2 Größen. Zum Ersten eine $\frac{1}{4}$ Europalette, zum Zweiten die Ladungseinheiten, mit maximal 6 Stück auf dieser Palette. Dazu werden 2 Greifer benötigt, welche durch Ansteuerung automatisch gewechselt werden müssen. Als Quell- und Zielkomponenten sind Rollenbahnen und Produktionszellen möglich. Das Fahren mit dem FTS im Arbeitsbereich des Portals wurde aus Sicherheitsgründen verboten, um eine Kollision zu vermeiden, somit ist auch keine direkte Übergabe zwischen diesen möglich.

Die Steuerung muss in das Konzept der Fabrik integriert werden und die Ansteuerung im Produktionsbetrieb wird durch das Leitsystem über PROFINet erfolgen. Im Einrichtbetrieb und für das „Teaching“ der Position soll die Anlage über ein Mobile Panel zu steuern sein.

2.2 Ausgangspunkt

Das Trägergestell des Portals ist bereits vorhanden und die 4 Achsen sind daran montiert. Davon sind 3 Linearachsen für die Koordinaten X, Y und Z und eine Rundachse am Ende der Z-Achse um den Greifer zu drehen.

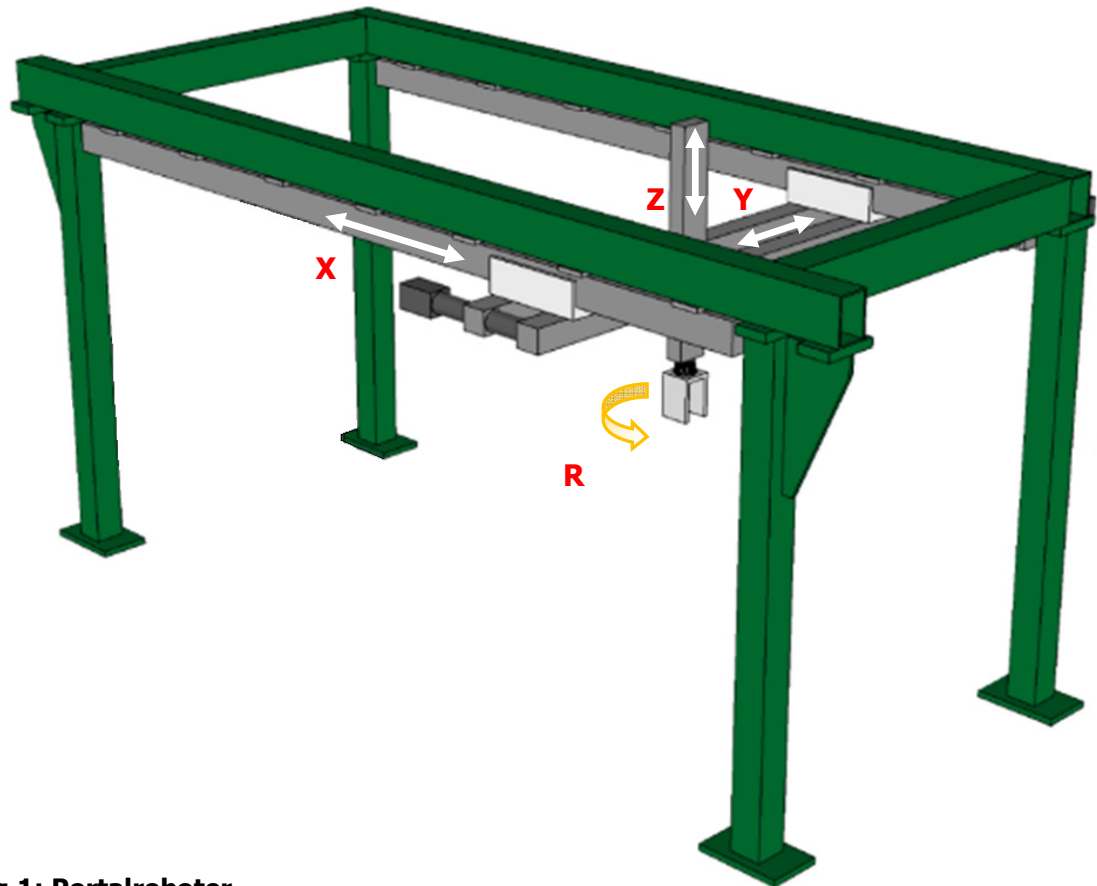


Abbildung 1: Portalroboter

Die alten Servomotoren sollen nicht verwendet werden, sondern neue, die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Die Endlagen-Initiatoren und Endlagenschalter der Achsen können verwendet werden. Die Motorkabel und der komplette Steuerschrank mit allen Komponenten werden neu installiert.

Eine grafische Darstellung der Fabrik befindet sich im Anhang und „10.2.1 Zeichnung der Fabrik“.

2.3 Projektierung der Hardware

Da die Antriebstechnik am Portal ausschließlich von Siemens sein soll, wird die Hardwarekonfiguration mit dem Programm SIZER gemacht. Durch die Überprüfung der

Zusammenstellung im Programm besteht die Garantie, dass die gewählten Komponenten zueinander kompatibel sind und auch alle notwendigen Komponenten vorhanden sind.

Prinzipiell sind notwendig:

- 3 Servomotoren für Linearachsen (Drehmoment ähnlich den alten Antrieben)
- 1 Servomotor für Rotation des Geifers
- Servoregler für 4 Achsen
- Leistungsversorgung
- F-SPS zur Steuerung der Achsen und Kommunikation mit dem Leitsystem
- Schaltschrank
- Kabel

Die Achsen müssen nicht definierte Kurven fahren können und damit besteht auch keine Abhängigkeit der Geschwindigkeiten zwischen den Achsen. Damit ist keine Servoregelung notwendig die auf sogenannten Kurvenscheiben verfahren kann.

Für die Ansteuerung und Regelung eines Servomotors sind mehrere Komponenten notwendig, welche in unten folgender Grafik dargestellt sind. Die Daten für Quellposition und Zielposition sendet das Leitsystem und werden von der SPS bearbeitet. Diese steuert die Control Unit (CU) in den notwendigen Einzelschritten an. Ab da steht alles unter Kontrolle der CU, diese ist der Master der kompletten Antriebseinheit.

Da die Sicherheitstechnik „Safety Integrated“ eingesetzt wird, laufen auch alle sicherheitsrelevanten Signale über dasselbe PROFIBUS-System wie die Steuersignale. Die Komponenten, welche im Safety-Modus laufen, sind in folgender Abbildung gelb dargestellt.

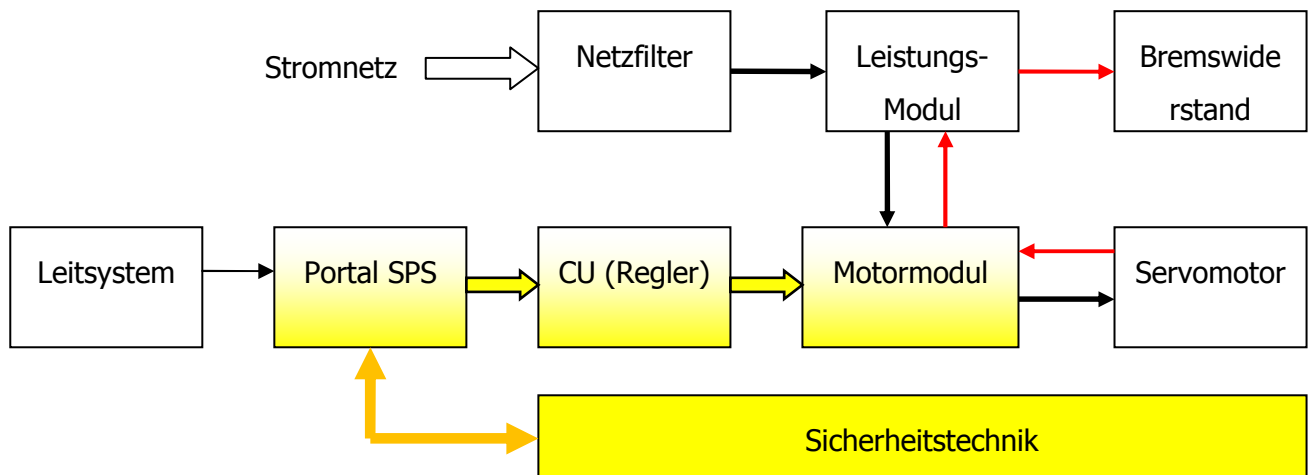


Abbildung 2 Hierarchie der Servo-Antriebssteuerung

Die Bremsenergie des Motors wird über den Bremswiderstand abgebaut. Es gibt auch Leistungsmodule, welche die überflüssige Energie in das Stromnetz zurückspeisen. Diese Technologie ist aber erst bei größeren Massen und Geschwindigkeiten kosteneffektiv.

2.3.1 Gewählte Komponenten:

Die SPS CPU 315F-2 PN/DP wird zur Ansteuerung der Regler und zur Anschaltung der Sicherheitssysteme über PROFIsafe verwendet. Dadurch ist auch eine sichere Abschaltung der Antriebe über Bus möglich und auch weitere sichere Funktionen, die vom Antriebsregler unterstützt werden.

Die SINAMICS S120 CU320 für die Regelung mehrerer Antriebe. Die CU wird in diesem Fall, bei 4 Antrieben mit Technologiefunktion „Einfachpositionierer“, im Leistungsgrenzbereich betrieben. Es soll aber getestet werden, ob dies mit Verringerung der Abtastrate möglich ist, ohne dass das System instabil wird. Wenn ein unvermeidbarer Fehler auftritt, dann muss die Ansteuerung auf 2 CU's aufgeteilt werden.

Ein Double-Motor-Modul 2x 9A und ein Double-Motor-Modul 2x 5A werden für die Leistungsansteuerung der Antriebe gewählt.

Ein Basic-Line-Modul 20 kW, für die Versorgung der Motormodule mit Gleichspannung.

Für die Absicherung des Gefahrenbereichs sind zwei Flächenscanner von Leuze geplant, angebunden an PROFIsafe.

2.3.2 Sicherheitslevel DIN EN 62061 und EN ISO 13849-1

Für die Umsetzung einer sicherheitstechnischen Aufgabe ist es wichtig, die Vorschriften des jeweiligen Landes zu erfüllen, in der die Maschine oder Anlage betrieben wird.

Die sogenannte Maschinenrichtlinie der EU verlangt eine lückenlos dokumentierte Risikobeurteilung und gegebenenfalls Risikominderung von Maschinen, bevor sie in Betrieb genommen werden können. Damit ist für jede Maschine ein Sicherheitsnachweis zu erbringen, was mit einem zusätzlichen Prüf- und Dokumentationsaufwand verbunden ist. /sinngemäße Übernahmen aus (2)/

Die Einführung der Norm IEC 61508 hat den Begriff der „Funktionalen Sicherheit“ geprägt, d. h. den Schutz vor Gefahren, die durch inkorrekte Funktionen ausgelöst werden. Die neue Norm EN 62061: „Sicherheit von Maschinen – funktionale Sicherheit von elektrischen, elektronischen und programmierbaren Steuerungen von Maschinen“ ist eine Überarbeitung der IEC 61508. Sie fordert eine exakte Berechnung der Ausfallraten für alle relevanten elektromechanischen Komponenten. Sie betrachtet erstmalig die gesamte Sicherheitskette vom Sensor bis zum Aktor. Um einen Sicherheits-Integritätslevel wie etwa SIL 3 zu erreichen, genügt es nicht mehr, dass die Einzelkomponenten entsprechend zertifiziert sind. Vielmehr muss die gesamte Sicherheitsfunktion den definierten Anforderungen gerecht werden. /sinngemäße Übernahme von (2)/

Die EN ISO 13849-1 „Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen, Teil 1: Allgemeine Gestaltungsgrundsätze“ sollte Ende 2009 die EN 954-1 ablösen. Sie wurde aber durch die Europäische Kommission bis 31.12.2012 verlängert. Die neue Norm betrachtet die kompletten Sicherheitsfunktionen mit allen Geräten, die an ihrer Ausführung beteiligt sind und es erfolgt eine quantitative Betrachtung der Sicherheitsfunktionen. Die Norm beschreibt die Ermittlung des Performance Level (PL), für sicherheitsrelevante Teile von Steuerungen, auf Basis vorgesehener Architekturen für die vorgesehene Gebrauchsdauer. Bei Kombination mehrerer sicherheitsrelevanter Teile zu einem Gesamtsystem kann mit der Norm der resultierende PL ermittelt werden. Dabei darf sie auf sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen (SRP/CS) und alle Arten von Maschinen, ungeachtet der verwendeten Technologie und Energie (elektrisch, hydraulisch, pneumatisch, mechanisch usw.) angewendet werden.“ /sinngemäße Übernahmen von (2)/

2.3.3 Sicherheitsanalyse

.Zu der Ermittlung des notwendigen Sicherheitslevels für das Portal wurde das „Safety-Evaluation-Tool“ von Siemens verwendet. Dies ist ein Online-Tool auf der Website von Siemens, welches für Kunden kostenfrei genutzt werden kann.

Anhand der folgenden Grafik kann das geforderte Sicherheitslevel nach der Norm ISO 13849-1 ermittelt werden, als Ergebnis erhält man einen "Performance Level" von a bis e.

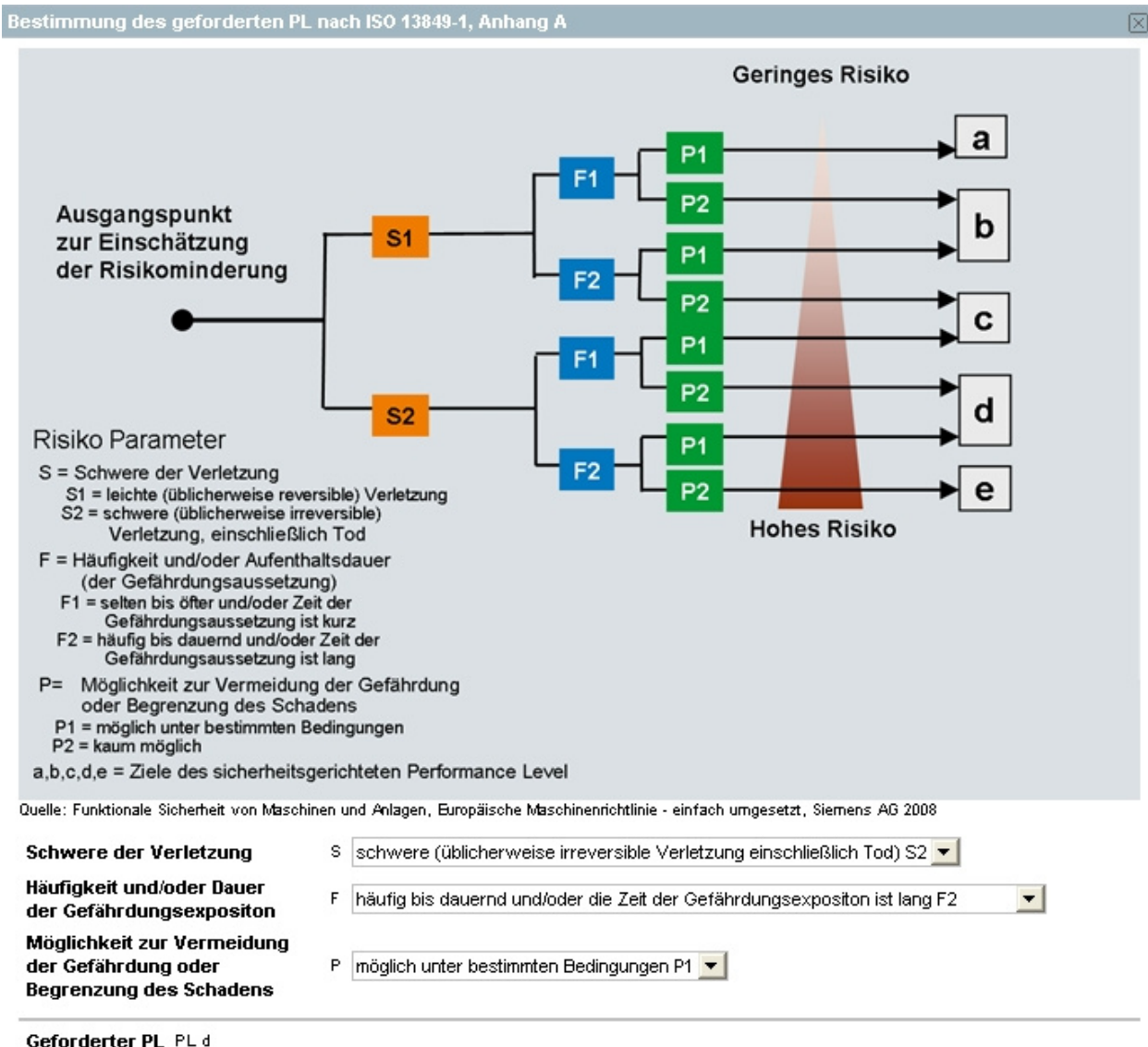


Abbildung 3: Performance-Level (3)

Das Ergebnis für das Portal lautet PL d. Die Betrachtung kann in gewissen Grenzen sehr subjektiv geschehen und auch dem entsprechen unterschiedlich ausfallen. Man sollte sich aber immer bewusst sein, bei einem Unfall und einer folgenden Überprüfung kann man haftbar gemacht werden, wenn der PL unzureichend ist. Das Erreichen eines höheren PL ist

in jedem Fall mit Mehraufwand und Mehrinvestition verbunden und der Verantwortliche muss für Aufwand und Risiko abwägen.

Ein "PL d" entspricht nach der Norm IEC 61508 einem SIL2, das "PL c" oder geringer entspricht SIL1.

Die Analyse der am Not-Halt-System beteiligten Baugruppen ist in drei wesentliche Bereiche geteilt. In die Erfassung des Stoppsignals, die Verarbeitung und das Reagieren. Für jedes Bauteil, welches sich in der Not-Halt-Kette befindet, wird über die Herstellerdaten ein PFHD berechnet. Dies bedeutet: „Probability of dangerous failure per hour“ - Mittlere Wahrscheinlichkeit eines Gefahr bringenden Ausfalls pro Stunde.

Für die eingesetzte F-SPS beträgt z. B. die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls 1,00 E-09. Jedes in der Kette befindliche Glied muss mit der vom Hersteller angegebenen Wahrscheinlichkeit in die Berechnung eingehen. Das Ergebnis ist immer schlechter als das schwächste Glied der Kette.

Für die Ermittlung des SIL werden folgende Wahrscheinlichkeiten eines Gefahr bringenden Ausfalls pro Stunde zugeordnet:

$$\text{SIL3} \geq 10^{-8} \text{ bis } < 10^{-7}$$

$$\text{SIL2} \geq 10^{-7} \text{ bis } < 10^{-6}$$

$$\text{SIL1} \geq 10^{-6} \text{ bis } < 10^{-5}$$

Hat ein Gerät eine Ausfallwahrscheinlichkeit von 10^{-6} pro Stunde, so wird die Gesamtanlage nie einen SIL2 erreichen können, aufgrund der Wahrscheinlichkeiten der anderen Geräte in der Not-Halt-Kette, welche dazu addiert werden. Wird z. B. ein SIL3 Gerät mit dem Wert 10^{-8} hinzugefügt, so ergibt die Addition einen Gesamtwert von $1,01 * 10^{-6}$, welcher größer ist als 10^{-6} .

Für das Portal ergibt sich eine Ausfallwahrscheinlichkeit von $6,17 * 10^{-8}$, für eine Notabschaltung über den Not-Halt-Taster. Damit befindet es sich in SIL3 oder PL e. Die Betrachtung der Gesamtanlage muss aber jeden projektierten Abschaltpfad beinhalten, z. B. auch die Not-Halterfassung über Lichtschranken oder Schutztür. Jeder Abschaltpfad muss mindestens das geforderte Sicherheitslevel erfüllen.

2.4 Integration des Portals in die Fabrik

2.4.1 Topologie der vorhandenen Anlage

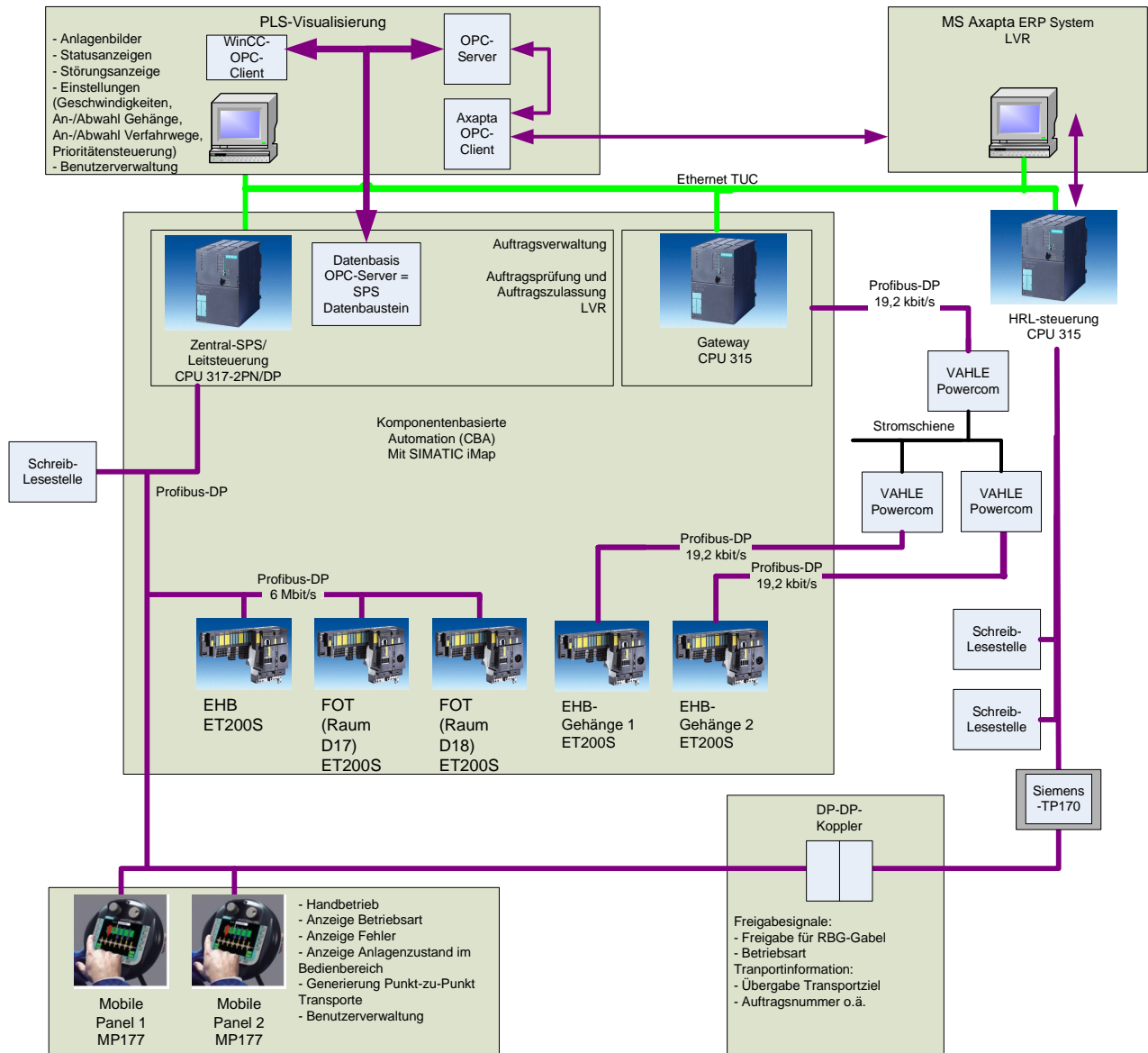


Abbildung 4: Schema der Fabrik-Steuerungsarchitektur (4)

2.4.2 Befehlsstruktur bestehende Anlage

In der vorhandenen Anlage senden alle Einzelkomponenten über die iMap Schnittstelle alle Sensor- und Aktorsignale an die Leitsteuerung. In der Leitsteuerung befinden sich alle Schrittketten, die für einen kompletten Transport notwendig sind. Bei der Erstellung eines Transportauftrages wird durch eine Auswahllogik, wo jede Quelle-Senke-Kombination vorhanden ist, die zuständige Schrittkette ausgewählt. Somit gibt es für jeden Transportweg

eine Schrittkette, insgesamt mehr als 30. Aus diesem Grund ist die Erweiterung und Veränderung der Anlage ist bloß mit umfangreicher Modifikation möglich.

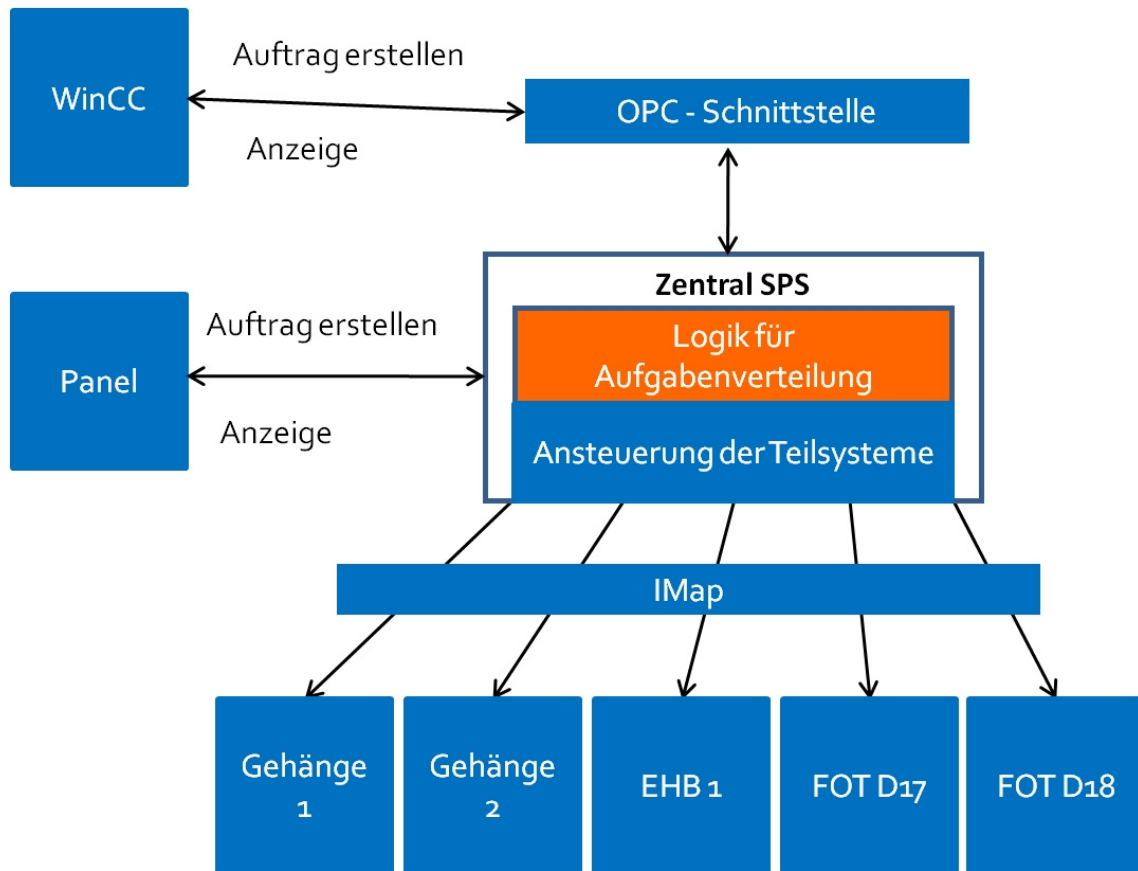


Abbildung 5: Befehlsstruktur der bisherigen Auftragsverwaltung (5)

Die Zentral-SPS ist das Herzstück der Anlage und übernimmt die Annahme von Aufträgen und die Ansteuerung der Teilsysteme. Es kann nur ein Transportauftrag verwaltet werden. Die Auftragsvergabe und Anzeige kann vom WinCC, vom Panel oder von dem Leitstand aus geschehen, der auch über OPC kommuniziert, aber nicht eingezeichnet ist. Es kann immer nur ein Transport stattfinden, die Anlage ist aus diesem Grund sehr zeituneffektiv und für die Industrie damit unattraktiv.

Die aktuelle Art der Programmierung mit vielen langen Schrittketten und der Kommunikation über iMap macht die Anlage unflexibel und Änderungen sind nur mit hohem Aufwand möglich. Aus diesem Grund werden große Teile der Fabrik neu programmiert und die komplette Befehlsstruktur neu gestaltet.

2.4.3 Befehlsstruktur neues Konzept

In der neuen Auftragsverwaltung nimmt der Logistikleitstand (LLS) die zentrale Rolle ein. Somit wandert die „Logik für Aufgabenverteilung“ von der Zentral-SPS in den LLS. Dieser kann laut Definition maximal 6 Transportaufträge (Quelle – Senke) von dem Fertigungsleitstand (FLS) annehmen und sofern nicht vorgegeben, sucht der LLS einen Transportweg für den Auftrag. Bei der Abarbeitung der Aufträge vergibt der LLS Einzelaufträge an Teilsysteme mit dem Informationen: Quelle, Senke und Auftragsnummer. Die Ansteuerung und Übergabe zwischen den Teilsystemen ist jetzt die Aufgabe der Zentral-SPS. Die Kommunikation zwischen der Zentral-SPS und den Teilsystemen bleibt auf der Basis von iMap, muss aber trotzdem überarbeitet und auf die neuen Anforderungen angepasst werden.

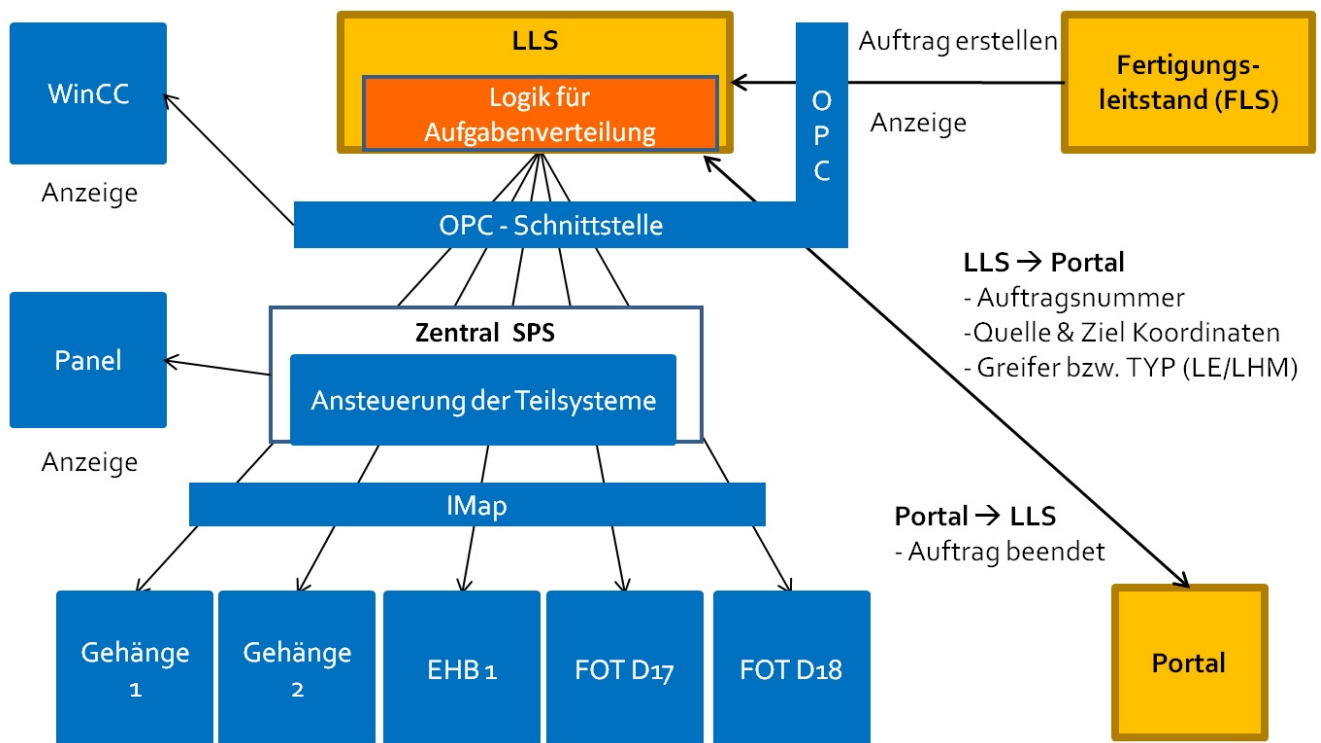


Abbildung 6: Befehlsstruktur der neuen Auftragsverwaltung (5)

Der FLS vergibt die Aufträge und verwaltet somit auch die Positionen und den Ladungszustand jeder einzelnen Palette. Daraufhin kann er Aufträge generieren, welche an den LLS in Form von Quelle–Ziel gegeben werden. Der LLS muss nach freien Routen suchen und wenn der Transport möglich ist, dann wird der Auftrag angenommen, im anderen Falle abgelehnt. Nach Abschluss des Auftrages wird an den FLS ein erledigt gesendet und dieser bucht dann diesen Transport in seiner Bestandsdatenbank um.

Das Portal ist direkt an den LLS angebunden und kommuniziert über die OPC-Schnittstelle. Die Aufträge enthalten direkte Koordinaten für jede der 4 Achsen und erst nach Abarbeitung eines Auftrages kann ein neuer vergeben werden.

In den OPC-Datenfeldern sind noch einige andere Parameter abgelegt. Unter anderem Variablen für Betriebsdatenerfassung (BDE), Fehler, Auftragsdaten, etc.

Im Anhang unter „OPC Datenfächer“ liegt die komplette Datenstruktur, welche ausgetauscht wird.

Die andere stationäre Fördertechnik ist nach wie vor an der Zentral-SPS angeschlossen, auch die Aufträge haben das Format Quelle–Ziel, sind aber nur für ein Fördertechnikelement bestimmt. Es wurde für jedes Element ein Koordinatensystem definiert, womit jeder Punkt, der anfahrbar sein muss, eine eindeutige Bezeichnung bekam.

3.Sicherheitstechnische Prinzipien

3.1 Standard-Not-Halt

Seit vielen Jahrzehnten ist die bewährteste und kostengünstigste Lösung der Notabschaltung über die direkte Verdrahtung. Durch die Not-Halt-Taster, die Türschuttschalter oder andere Notschalter führt direkt der Strom, welcher die gefährliche Spannung über ein Relais zuschaltet. Das bedeutet, sobald ein Schalter ausgelöst wird oder das Kabel getrennt wird, ist die Spannungszufuhr für das Relais unterbrochen und die gefährliche Spannung wird von der Anlage getrennt.

3.2 Not-Halt mit programmierbaren Steuerungen

Im Jahr 1987 entwickelte die Firma Pilz das erste NOT-HALT-Schaltgerät zum Schutz von Mensch und Maschine. Damit war ein Meilenstein in der Sicherheitstechnik gesetzt, denn ab sofort entfiel die aufwendige Verdrahtung von vielen Schutzschaltern. In dem Programm können verschiedene Not-Halt-Eingänge von Tastern, Scannern, etc. verarbeitet werden. Aus der vorhandenen Bibliothek stehen dazu Funktion wie logische Verknüpfungen zur Verfügung. Die bearbeiteten Signale im Programm werden mit Ausgängen der Steuerung verbunden, daran werden dann die zu steuernden Baugruppen, z. B. Relais angeschlossen.

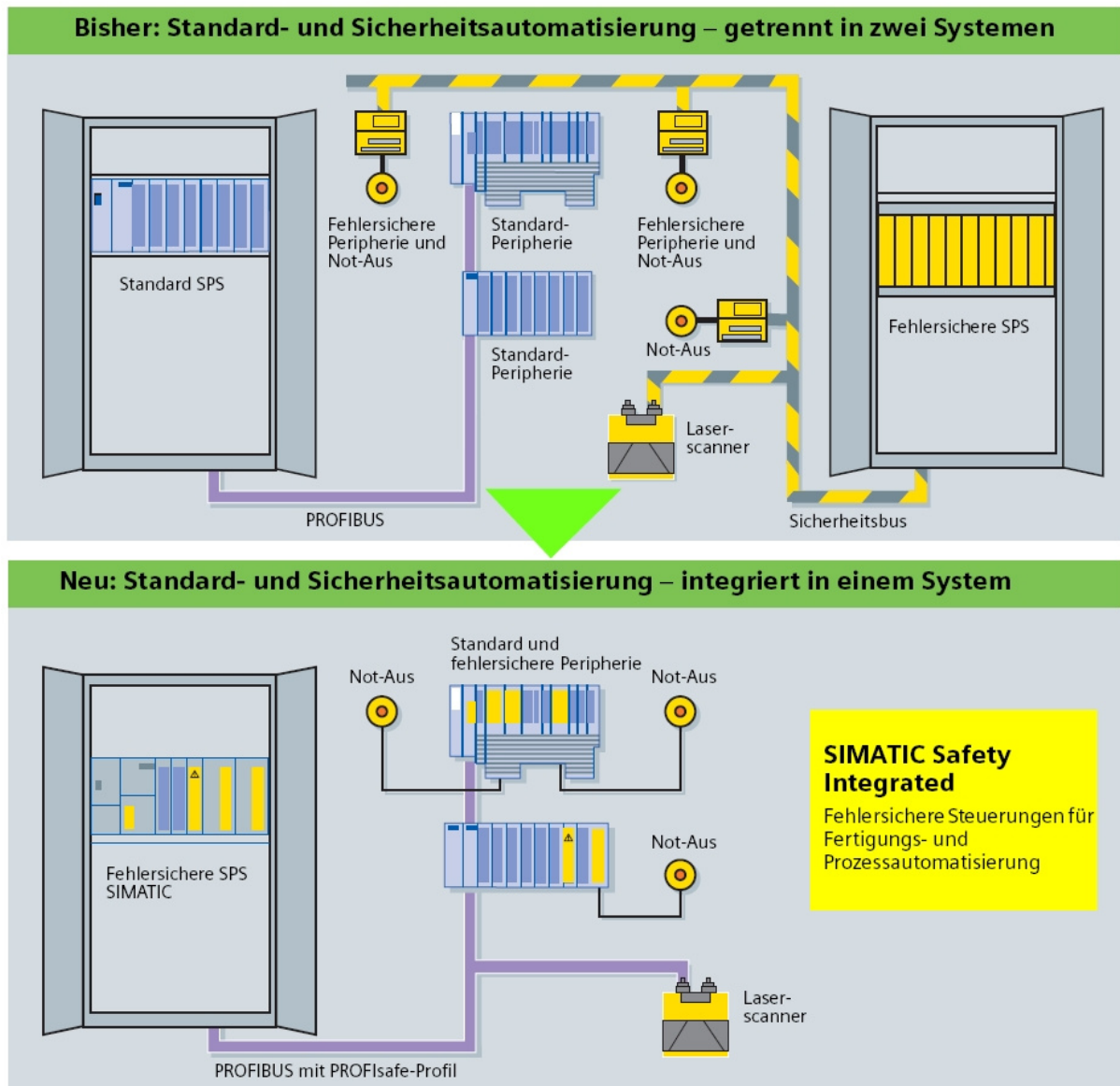
3.2.1 Sicherheitsbus

Es ist auch möglich die sicheren Signale über ein Sicherheits-Bussystem zu übertragen. Dazu wurden Bussysteme entwickelt, die ausschließlich sichere Signale übertragen und somit an sicheren Komponenten angeschlossen werden. Der Vorteil liegt wie bei jedem Bussystem da, wo viele Signale übertragen werden müssen. Kein „Kabelsalat“ und viel weniger Arbeit bei der Installation so wie bei Umbauten.

Da aber in der Regel auch nichtsichere Komponenten über Bus angesteuert werden, braucht diese SPS-Lösung unterschiedliche Steuerungen. Eine Standard SPS und eine "Fehlersichere SPS" und jedes der Systeme braucht ein eigenes Bussystem.

Eine Lösung dafür bietet Siemens mit SIMATIC Safety Integrated. Benötigt wird nur eine Steuerung mit einheitlichem Engineering und dem Standard-PROFIBUS mit dem PROFIsafe-

Profil. Dieser Sicherheitsbus ist für Standard und sicherheitsgerichtete Automatisierung geeignet.



Innovation bei SPS-basierten Sicherheitslösungen

Abbildung 7: PROFIsafe Topologie (6)

3.2.2 Funktion einer Fehlersicheren SPS SIMATIC

Das grundlegende Prinzip einer F-CPU ist die Zweikanaligkeit. Alle sicheren Ein- und Ausgänge sind intern doppelt ausgelegt. Dazu sind fehlersichere Baugruppen notwendig um die sichere Eingabe und Ausgabe zu gewährleisten. Auch in der SPS wird das Programm von 2 Prozessoren bearbeitet. Der zweite Prozessor rechnet mit der invertierten Logik, die Ergebnisse werden verglichen und bei Ungleichheit geht die SPS in Fehlerzustand.

Bei einer hohen Sicherheitsanforderung muss die Verdrahtung auf die Eingangskomponenten zweikanalig sein. Es müssen also auch zwei Drähte pro Signal von einer externen Baugruppe auf jeweils einen Eingang der SPS gelegt werden, welche dann in der Konfiguration als gekoppelte Eingänge gestellt werden. Gekoppelte Eingänge müssen immer dieselben Zustände liefern, sonst geht das Eingangsmodul in den Fehlermodus, ein sogenannter Diskrepanzfehler. Die Abfrage der Eingangszustände kann bloß einfach, also auf den ersten Kanal erfolgen, da das Modul schon intern den zweiten Kanal auf Gleichheit überprüft.

Ein F-Eingangsmodul macht intern verschiedene Überprüfungen der Eingänge auf Kurzschluss, Überlast, Diskrepanzfehler und Drahtbruch. Im Fehlerfall, wenn mindestens einer dieser Fehler aktiv ist, wird die Baugruppe passiviert und die SPS geht in einen definierten Fehlerzustand. Die Aktivierung und Wiedereingliederung kann nur nach Beseitigung des Fehlers und durch eine Quittierung des Fehlers auf der Safety-Ebene geschehen. Die Quittierung kann je nach Einstellung automatisch erfolgen oder auch manuell vom Anwender erfolgen.

3.2.3 Richtlinien zur F-Programmierung

Nach einem Anlauf des F-Systems muss die Kommunikation zwischen F-CPU und F-Peripherie über das Sicherheitsprotokoll gemäß PROFIsafe erst aufgebaut werden. In dieser Zeit erfolgt eine Passivierung der gesamten F-Peripherie.

Die Wiedereingliederung der F-Peripherie, d. h. die Bereitstellung von Prozesswerten im PAE bzw. die Übertragung der im PAA bereitgestellten Prozesswerte zu den fehlersicheren Ausgaben, erfolgt automatisch frühestens ab dem 2. Zyklus der F-Ablaufgruppe nach dem Anlauf des F-Systems. Abhängig von der verwendeten F-Peripherie und von der Zykluszeit der F-Ablaufgruppe und des PROFIBUS DP/PROFINET IO kann die Wiedereingliederung erst nach einigen Zyklen der F-Ablaufgruppe erfolgen. Dauert der Aufbau der Kommunikation zwischen F-CPU und F-Peripherie länger als die in der Hardware-Konfiguration (HW Konfig) im Objekteigenschaftsdialog für die F-Peripherie eingestellte Überwachungszeit, so erfolgt keine automatische Wiedereingliederung. /sinngemäße Übernahme aus (7)/

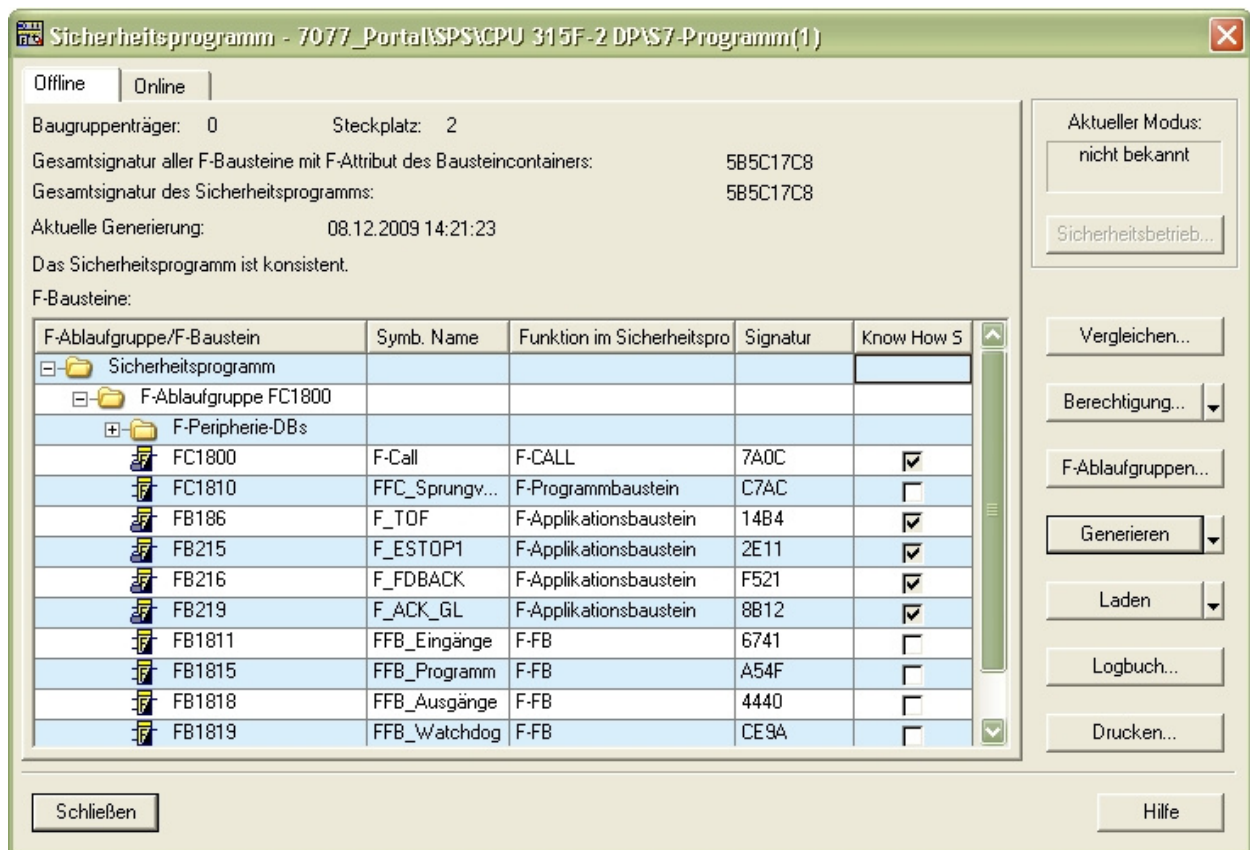


Abbildung 8: Sicherheitsprogramm und Ablaufgruppen

Alle sicheren Ausgänge müssen im F-Teil der SPS gesteuert werden. Das F-Programm wird als zyklischer Interrupt von einem Weckalarm-OB aufgerufen und unterbricht regelmäßig das Standardprogramm. Für jeden F-CALL muss eine F-Ablaufgruppe angelegt werden, im obigen Fenster „Sicherheitsprogramm“.

Innerhalb eines Weckalarm-OB sollte der F-CALL vor dem Standard-Anwenderprogramm ausgeführt werden. Der prinzipielle Ablauf eines Sicherheitsprogrammes ist in der Grafik rechts dargestellt.

Das Prozessabbild der Eingänge von F-Peripherie wird nicht nur am Anfang einer F-Ablaufgruppe vor der Bearbeitung des F-Programmbausteins, sondern auch durch das Standard-Betriebssystem aktualisiert.

Im F-Programm wird nur die Programmierung als Kontaktplan (F-KOP) oder Funktionsplan (F-FUP) zugelassen und ausschließlich "Sichere Bausteine" werden dazu verwendet. Bei der Übersetzung wird automatisch die invertierte Logik für den zweiten Prozessor generiert.

In F-FUP/F-KOP werden die folgenden elementaren Datentypen unterstützt: BOOL; INT; WORD; TIME.

Auf die F-Peripherie (z. B. F-SMs S7-300) wird wie auf Standard-Peripherie über das Prozessabbild (PAE und PAA) zugegriffen. Ein direkter Peripheriezugriff ist nicht zulässig. Auch über das Prozessabbild darf in einem F-FB oder F-FC auf seine Eingangsparameter nur lesend und auf seine Ausgangsparameter nur schreibend zugegriffen werden.

Dabei ist unbedingt zu beachten, dass auf die Kanäle einer F-Peripherie nur aus einer F-Ablaufgruppe zugegriffen werden darf. Auf Variablen eines F-Peripherie-DB's einer F-Peripherie darf nur aus einer F-Ablaufgruppe und nur aus der F-Ablaufgruppe zugegriffen werden, aus der auch der Zugriff auf die Kanäle dieser F-Peripherie erfolgt.

F-FB's können in mehreren F-Ablaufgruppen verwendet werden, aber sie müssen mit unterschiedlichen Instanz-DB's aufgerufen werden, während es möglich ist, F-FC's generell in mehreren F-Ablaufgruppen aufzurufen.

Zugriffe auf statische Parameter von Instanz-DB's anderer F-FB's sind nicht zulässig.

Auf das Prozessabbild der Eingänge und Ausgänge der Standard-Peripherie und auf Merker ist der Zugriff erlaubt, auch aus mehreren F-Ablaufgruppen.

F-CALL
Eingänge der F-Peripherie werden ins Prozessabbild der Eingänge gelesen
Bearbeiten der vom Anwender erstellten oder eingefügten F-Bausteine
Bearbeiten der automatisch ergänzten F-Bausteine (Fehlerbeherrschungsmaßnahmen)
Prozessabbild der Ausgänge wird auf die Ausgänge der F-Peripherie geschrieben

3.3 Reaktionszeiten der Sicherheitsfunktionen

3.3.1 Zykluszeiten der F-SPS

Als Beispiel wird der F-CALL für das F-Programm auf 60ms gesetzt, somit wird das Standardprogramm (OB1) aller 60ms unterbrochen. Die Bearbeitungszeit des F-Programmes nimmt eine Zeit von 40ms ein. Zwischen Bearbeitung und Wiederaufruf des F-Programmes bleibt die Zeit von 20ms um das normale Standardprogramm zu bearbeiten.

Wenn der Zyklus des OB1 nicht länger als 50ms benötigt, kann er im ungünstigsten Fall 3mal unterbrochen werden. Da zwischen Abarbeitung und Neuaufwurfes des F-Programmes nur 20ms bleiben, ergibt sich eine resultierende maximale Zykluszeit von $50\text{ms} + 3 \cdot 40\text{ms} = 170\text{ms}$. Es ist deshalb zu beachten, **die OB1-Zykluszeit wird durch kurze Interrupts des F-Programms sehr stark verlängert.**

Aus diesem Grund ist dringend zu empfehlen eine SPS mit genügend Leistung einzusetzen, da sonst die Bearbeitungszeiten des F-Programmes sowie des Standardprogrammes in nicht akzeptable Bereiche kommen.

Für die eingesetzte SPS CPU 315F-2 DP V2.0 lag die OB1-Zykluszeit zwischen 22ms und 36ms. Mit einem F-CALL aller 100ms wird der OB1-Zyklus maximal 1mal unterbrochen und hat dann eine Zeit von 62ms bis 86ms benötigt. Daraus folgt eine Bearbeitungszeit für den F-CALL von ca. 40ms.

Um kürzere Reaktionszeiten zu erreichen, wurde die CPU 315F-2 PN/DP V2.6 eingesetzt. Bei dieser ergeben sich OB1-Zykluszeiten von 12ms bis 16ms ohne F-CALL. Mit Unterbrechung durch den F-CALL 34ms bis 39ms. Diese SPS ist mehr als doppelt so schnell als die Erste und somit kann der F-CALL aller 50ms ausgeführt werden, ohne dass der OB1-Zyklus mehr als 1mal unterbrochen wird.

Relevant für die Sicherheitsbetrachtung des Systems ist die Zykluszeit des F-CALL's, welche auf jeden Fall größer sein muss als die Bearbeitungszeit des F-Programmes. Für die Berechnung der Reaktionszeit der gesamten Anlage geht die doppelte Zykluszeit des F-CALL's ein.

3.3.2 Reaktionszeit bei Sicherung mit Laserscanner

Die Berechnung wird für den Einsatz eines tastenden Laserscanners von LEUZE durchgeführt, den ROTOSCAN RS4.

Maßgeblich für die Betrachtung ist die maximale Reaktionszeit der gesamten Anlage in einem Fehlerfall. Diese setzt sich zusammen aus:

- Reaktionszeit der Sicherheits-Sensoren (z. B. Laserscanner, Lichtschranken, ...)
- Doppelte Zykluszeit des F-CALL's
- Zeit der Gefahrquelle bis zum Erreichen des sicheren Zustandes

Die Anforderung für die maximale Reaktionszeit der Sicherheitsfunktionen welche zulässig ist wird durch verschiedene Faktoren bestimmt. In die Berechnung geht ein, die Entfernung des Menschen zu den Gefahrenbereichen, die Art und Lage der Bereichssicherung (Schutztür, Laserscanner waagerecht / senkrecht, ...) und die Schwere eines möglichen Unfalls.

Für den Einsatz eines Laserscanners berechnet sich die Entfernung des Scanners zum Gefahrenbereich nach EN 999 mit der Formel:

$$S = (K * T) + C$$

S	minimaler Sicherheitsabstand
K	Annäherungsgeschwindigkeit
T	Totale Reaktionszeit
C	Zuschlag

In Abhängigkeit von unterschiedlichen Anwendungsfällen sind nach EN 999 folgende Werte für K und C einzusetzen. $K = 2000mm/s$ für Hand-Greifgeschwindigkeiten und $1600mm/s$ für Zutritts-Geschwindigkeiten.

Die Zeit T setzt sich aus der Ansprechzeit der Schutzeinrichtung und der Nachlaufzeit der Maschine zusammen.

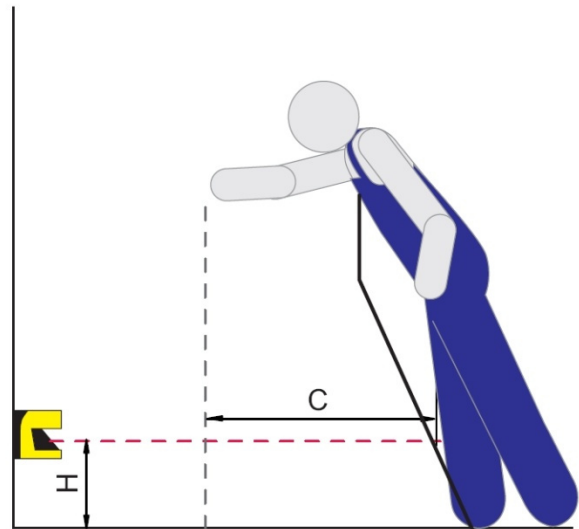
$$T_{ges} = T_1 + T_2 + T_3$$

T_1	= Ansprechzeit des Scanners	= 80ms
T_2	= 2 * Zykluszeit der F – SPS	= 100ms
T_3	= Nachlaufzeit der Maschine	= 100ms

Für parallele Annäherung:

Wenn die gescannte Fläche parallel zum Boden liegt, existiert der Zuschlag C , weil das Eindringen eines Körpers zum Gefahrenbereich möglich ist, ohne dass die Schutzeinrichtung betätigt wird. Es ist möglich, mit dem Arm darüber oder darunter zu reichen.

Abbildung 9: Sicherheitsabstand parallel (8)



$$C = 1200 \text{ mm} - 0,4 * H$$

$$C > 850 \text{ mm}$$

Für die Ermittlung von H spielt Auflösung des Scanners eine Rolle, wobei d der Abstand im Abtastraster ist. H ist die Höhe der Messwerterfassungsebene ab Bezugspunkt und muss bei $d = 70 \text{ mm}$ in folgenden Grenzen bleiben:

$$H_{\min} = 15 * (d - 50) = 300 \text{ mm}$$

$$H_{\max} = 1000 \text{ mm}$$

Damit ergibt sich in dem Fall $H = 900 \text{ mm}$, $T_{ges} = 280 \text{ ms}$ und $K = 1600 \text{ m/s}$ ein Sicherheitsabstand von $S = 1298 \text{ mm}$, welcher mindestens eingehalten werden muss.

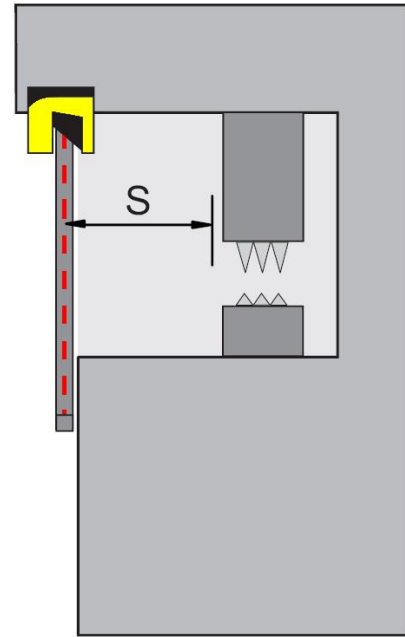
Mit dem Einsatz der langsameren SPS CPU315F-2 DP würde ein Sicherheitsabstand von $S = 1458 \text{ mm}$ notwendig sein, da die Reaktionszeit T_2 doppelt so groß wäre.

Für rechtwinklige Annäherung:

Die gescannte Fläche steht rechtwinklig auf dem Boden und muss bei Überschreiten zwangsläufig durchdrungen werden. In Abhängigkeit der Auflösung muss ein Mindestabstand S eingehalten werden da eine unbemerkte Durchdringung mit den Fingern oder der Hand möglich wäre.

Für Schutteinrichtung mit der Auflösung $d \leq 40 \text{ mm}$ ist mit einer Näherungsgeschwindigkeit von $K = 2000 \text{ mm/s}$ zu rechnen, wobei $S \geq 100 \text{ mm}$ sein muss.

Abbildung 10: Sicherheitsabstand rechtwinklig (8)



$$S = (K \times T) + 8 \times (d - 14)$$

Ergibt die Berechnung ein $S \geq 500 \text{ mm}$, darf die Berechnung erneut mit $K = 1600 \text{ mm/s}$ durchgeführt werden. In diesem Fall muss $S \geq 500 \text{ mm}$ betragen.

Für Schutteinrichtung mit der Auflösung $40 \text{ mm} \leq d \leq 70 \text{ mm}$ ist mit einer Näherungsgeschwindigkeit von $K = 1600 \text{ mm/s}$ zu rechnen und der Formel:

$$S = (1600 \text{ mm/s} \times T) + 850 \text{ mm}$$

Die Konstante $C = 850 \text{ mm}$, weil bei dieser Auflösung eine unbemerkte Durchdringung mit dem Arm möglich ist.

/Berechnungen von (9)/

Die Sicherung eines Bereiches von ca. 1,5m ist bei dem Portal nur sehr schwer möglich, da zu wenig Platz vorhanden ist. Durch die Flexibilität, welche die Anlage haben soll, ist es noch schwieriger den Schutzbereich an veränderte Bedingungen anzupassen.

3.3.3 Reaktionszeit bei Sicherung mit Schutztür

Die EN 1088 unterscheidet prinzipiell zwei Arten von Sicherheitsschaltern. „Verriegelungseinrichtungen ohne Zuhaltung“ und „Verriegelungseinrichtungen mit Zuhaltung“. Diese Sicherheitsschalter müssen so aufgebaut sein, dass sie nicht mit einfachen Mitteln manipulierbar sind.

Sicherheits-Schalter (ohne Zuhaltung) dienen der Stellungsüberwachung von z. B. Schutztüren oder Klappen. Ein Öffnen der trennenden Schutzeinrichtung ist jederzeit möglich und sobald die trennende Schutzeinrichtung nicht mehr geschlossen ist, wird ein Stopp-Befehl erzeugt. Damit die gefahrbringende Bewegung rechtzeitig zum Stillstand gekommen ist, bevor die Gefahrstelle erreicht werden kann, muss ein geeigneter Sicherheitsabstand von Schutzeinrichtung zur Gefahrstelle eingehalten werden.

Wenn keine C-Norm oder andere maschinenspezifische Vorschriften vorliegen, kann der erforderliche Sicherheitsabstand auch mit der in der EN 999 vorgegebenen Berechnungsformel ermittelt werden:

$$S = (K * T) + C$$

Die Größen werden so wie im vorherigen Kapitel verwendet und C gilt allgemein als zusätzlicher Abstand in Millimetern, der das Eindringen in den Gefahrenbereich vor Auslösen der Schutzeinrichtung angibt.

Für Sicherheitsschalter mit Zuhaltung erübrigt sich jede Berechnung, da die Zuhaltung erst gelöst wird, wenn die Anlage sich im sicheren Zustand befindet.

3.4 SIMATIC Hardware Konfiguration

Die Konfiguration der Safety-Hardware erfolgt prinzipiell so wie bei der Standard Hardware.

Im Folgenden am Beispiel der SINAMICS S120. Nach dem Einfügen des Gerätes in der Hardwarekonfiguration wird die PROFIBUS-Adresse und die Firmware-Version gewählt. Danach erscheint folgendes Fenster, in welchem alle Telegramme konfiguriert werden können. Für jede angeschlossene Komponente muss ein Telegramm angelegt werden, Objekt 1: Einspeisung, Objekte 2 -5: Antriebe, Objekt 6: CU 320.

Zur Auswahl des geeigneten Telegrammes findet man Information im Funktionshandbuch der Komponenten. Für die Antriebe wurde das Telegramm 110 gewählt, dies ist für den Betrieb im Modus Einfachpositionierer (EPOS) mit der Sollwert-Direktvorgabe (MDI) über Bus ausgelegt.

In der Spalte „Option“ kann bei den PROFIsafe-Komponenten das Telegramm 30 eingestellt werden, in diesem Fall betrifft es die Antriebe, die über PROFIsafe angesteuert werden sollen.

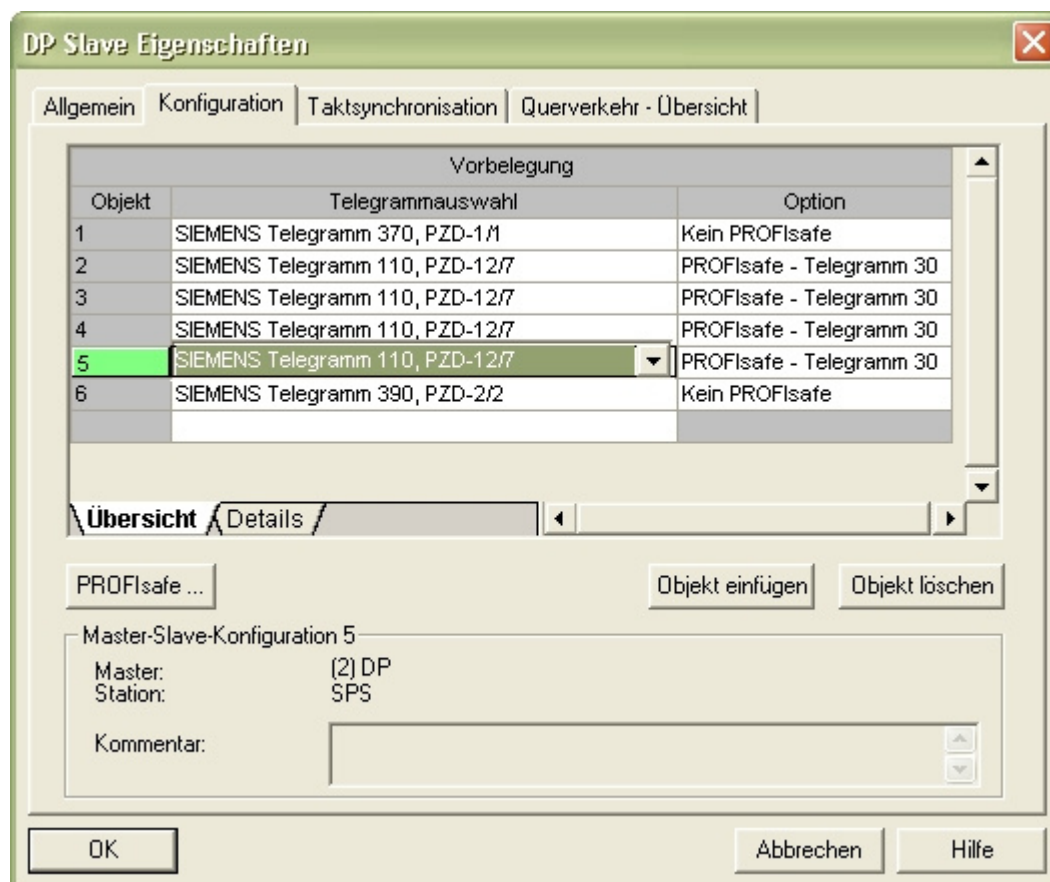


Abbildung 11: SPS DP Slave Eigenschaften Übersicht

Bei dem Wechsel von „Übersicht“ zu „Details“ erscheint folgendes Fenster.

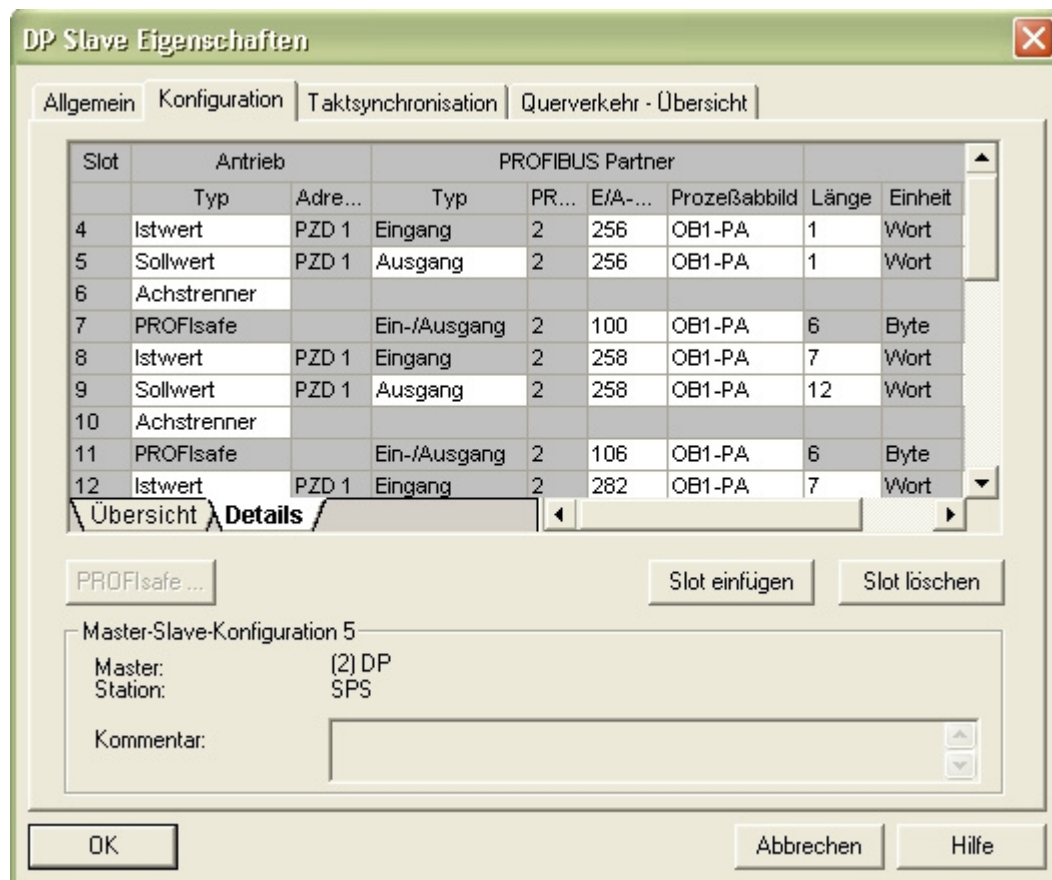


Abbildung 12: SPS DP Slave Eigenschaften Details

In diesem Fenster wird konfiguriert, unter welchen Adressen die PROFIBUS-Teilnehmer im Programm erreichbar sind. Für jeden Teilnehmer ist die Adresse der Eingangsdaten und der Ausgangsdaten angegeben, sowie die Adresse des PROFIsafe-Telegramm, falls vorhanden. Die Länge der Slots muss mit den in den Achsen eingestellten Telegrammen übereinstimmen.

Ist eine Zeile mit PROFIsafe markiert, wird der Button "PROFIsafe..." aktiv und es können weitere Einstellungen getroffen werden.

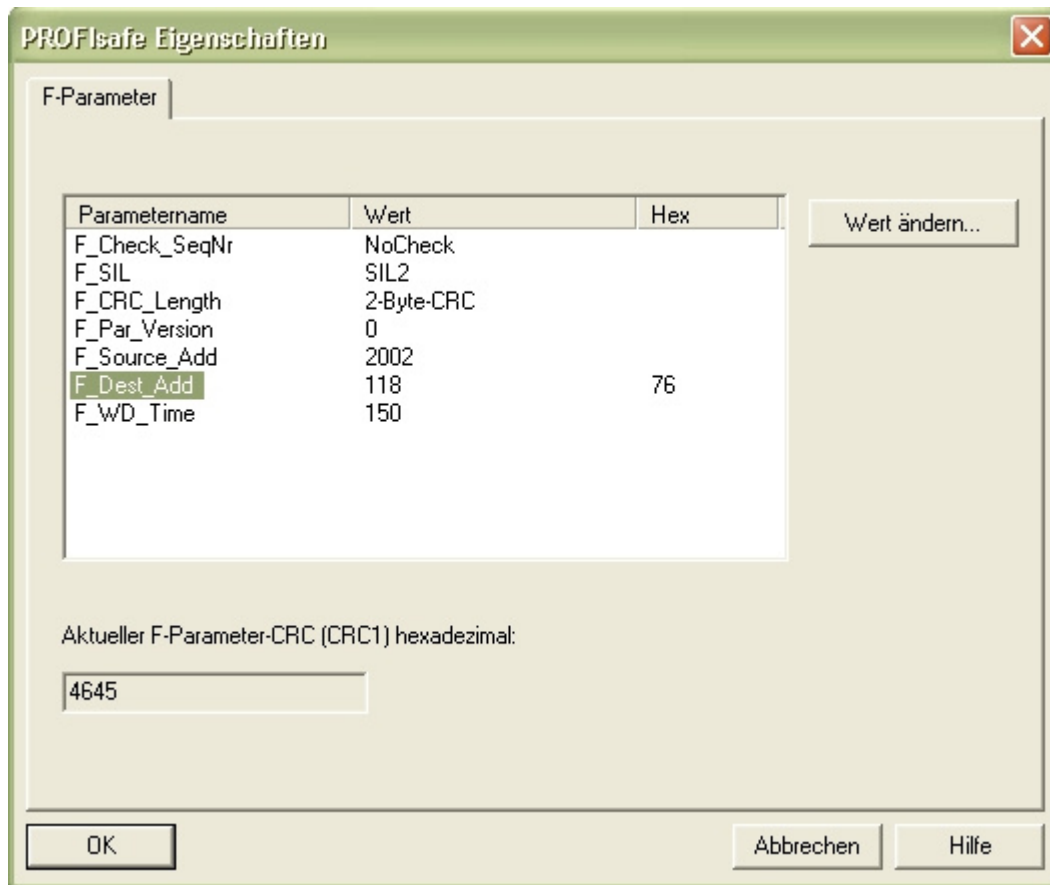


Abbildung 13: SPS PROFIsafe-Eigenschaften

Die ersten vier F-Parameter in der Liste sind automatisch vorbelegt und sollten nur in Ausnahmen geändert werden.

Der Parameter **"F_Check_SeqNr"** legt fest, ob die Sequenznummer in die Konsistenzprüfung (CRC-Berechnung) des F-Nutzdatentelegramms mit einbezogen werden soll. Im PROFIsafe V1-MODE muss der Parameter auf "No check" gesetzt werden.

Der Parameter **"F_SIL"** bezeichnet die Sicherheitsklasse des fehlersicheren DP-Normslaves/IO-Normdevices/PA-Feldgerätes, er ist geräteabhängig. Je nach GSD-Datei kann er zwischen "SIL 1" und maximal "SIL 3" eingestellt werden.

Der Parameter **"F_CRC_Length"** ist abhängig von der Länge der F-Nutzdaten (Prozesswerte), der Sicherheitsklassen und des PROFIsafe-MODE, je nach dem ist ein 2, 3 oder 4 Byte langer Prüfwert erforderlich. Er teilt der F-CPU die zu erwartende Länge des CRC2-Schlüssels im Sicherheitstelegramm mit.

Im PROFIsafe V1-MODE, bei einer Nutzdatenlänge bis einschließlich 12 Bytes wird der Parameter "F_CRC_Length" auf "2 Byte CRC" gesetzt, ab einer Nutzdatenlänge von 13 Bytes bis maximal 122 ist eine Länge von "4 Byte CRC" notwendig. Aber S7 Distributed Safety und S7 F-Systems unterstützen nur "2 Byte CRC" im V1-MODE.

Im PROFIsafe V2-MODE, bei einer Nutzdatenlänge bis einschließlich 12 Bytes muss der Parameter "F_CRC_Length" auf "3 Byte CRC", ab einer Nutzdatenlänge von 13 Bytes bis maximal 123 auf "4 Byte CRC" gesetzt werden. S7 Distributed Safety unterstützt nur "3 Byte CRC".

Der Parameter "**F_Par_Version**" gibt den PROFIsafe-Betriebsmodus vor. Für fehlersichere IO-Normdevices ist dieser Parameter auf "1" eingestellt (PROFIsafe V2-MODE) und nicht änderbar. Für fehlersichere DP-Normslaves/PA-Feldgeräte kann dieser Parameter ggf. eingestellt werden, wenn das Gerät oder die F-CPU den V2-MODE nicht unterstützen, muss "0" eingestellt werden (PROFIsafe V1-MODE).

Geräte, die den PROFIsafe V2-MODE nicht unterstützen, dürfen nicht am PROFINET IO oder in Mischkonfigurationen aus PROFIBUS DP und PROFINET IO eingesetzt werden.

Die PROFIsafe-Adressen (Parameter "**F_Source_Add**", "**F_Dest_Add**") dienen der eindeutigen Identifikation von Quelle und Ziel. Die Parameter entsprechen den Parametern "F_Quell_Adresse" und "F_Ziel_Adresse" von der anderen F-Peripherie, zu der die Kommunikation aufgebaut werden soll. Also in „F_Dest_Add“ wird die Zielgeräteadresse eingetragen, unter der es auf dem Bus zu erreichen ist. Der Wertebereich wird durch die GSD-Datei vorgegeben und ist für die PROFIsafe-Zieladresse nicht auf 1 bis 1022 beschränkt.

Der Parameter "**F_WD_Time**" ist die Überwachungszeit im fehlersicheren DP-Normslave/IO-Normdevice/PA-Feldgerät. Innerhalb der Überwachungszeit muss ein gültiges aktuelles Sicherheitstelegramm von dem Zielgerät ankommen. Damit wird sichergestellt, dass Ausfälle und Fehler erkannt werden und entsprechende Reaktionen ausgelöst werden, die das F-System im sicheren Zustand halten oder es in einen sicheren Zustand überführen.

Die Überwachungszeit sollte einerseits so hoch sein, dass Telegrammverzögerungen durch die Kommunikation toleriert werden, aber im Fehlerfall (z. B. Unterbrechung der Kommunikationsverbindung) die Fehlerreaktionsfunktion schnell genug reagiert. Der Parameter "F_WD_Time" wird in Schritten von 1ms angegeben und der Wertebereich des Parameters wird durch die GSD-Datei begrenzt.

/sinngemäße Übernahmen aus (10)/

3.4.1 Sichere Eingänge

Unter dem Punkt Objekteigenschaften, "Fehlersichere Eingänge" der F-SPS ist folgendes Menü zu sehen.

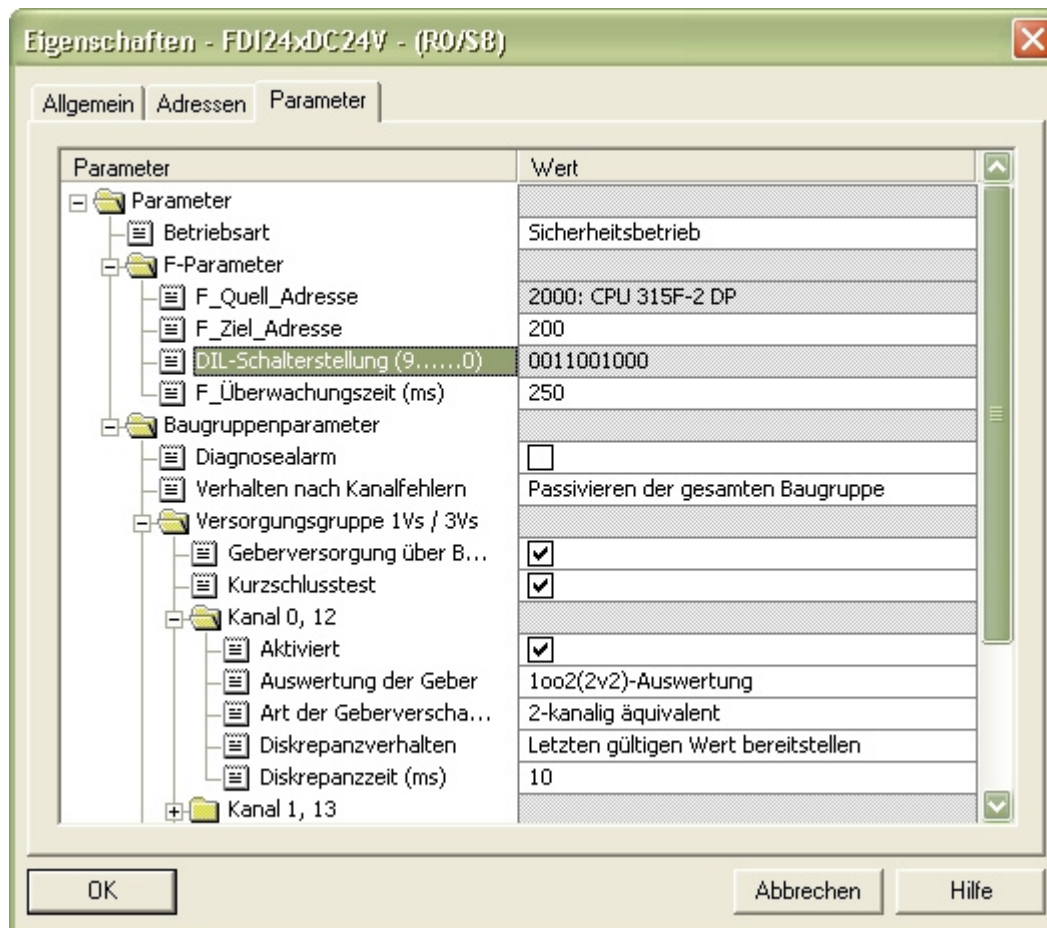


Abbildung 14: SPS Eigenschaften Fehlersichere Eingangsmodule

In **Betriebsart** kann zwischen Standardbetrieb und Sicherheitsbetrieb gewählt werden.

Die „**F_Quell_Adresse**“ wird automatisch vergeben, um eine falsche Parametrierung zu vermeiden. Sie ist eine eindeutige Identifikation des PROFIsafe-Ziels (der F-SM) und muss daher netzweit und stationsweit eindeutig sein. Um einer falschen Parametrierung vorzubeugen, wird diese beim Platzieren der F-SM im Hardwaremanager automatisch stationsweit eindeutig vergeben. Die PROFIsafe-Zieladresse muss außerdem auf der Rückseite der Ein- und Ausgabemodule mit den „**DIL-Schalterstellungen**“ eingestellt werden.

Die „**F_Überwachungszeit**“ ist für die sicherheitsgerichtete Kommunikation zwischen F-CPU und der Baugruppe, wenn in dieser Zeit kein gültiges Signal ankommt, geht die Baugruppe in den Fehlerzustand.

Ein „**Diagnosealarm**“ wird ausgelöst durch verschiedene Fehlerereignisse, die die fehlersichere Signalbaugruppe über ihre Diagnosefunktion feststellen kann (z. B. Kurzschluss). Die eingetretenen Diagnoseergebnisse stellt die Baugruppe der F-CPU zur Verfügung, wenn die Funktion aktiviert wurde.

Unter dem Menü „**Verhalten nach Kanalfehlern**“ kann zwischen Passivierung der gesamten Baugruppe oder Passivierung des fehlerhaften Kanals gewählt werden.

Mit der Aktivierung „**Geberversorgung über Baugruppe**“ wird eingestellt, dass die Geber über die Baugruppe versorgt werden. Falls ja, ist es möglich zusätzlich einen „**Kurzschlussstest**“ für diese Versorgung zu aktivieren, welche über den Diagnosealarm ausgegeben wird.

Unter den Ordnern **Kanal (i), (i+12)** können die zwei Kanäle aktiviert werden und bei dem Punkt „**Auswertung der Geber**“ kann die Koppelung für das jeweilige Paar aktiviert werden.

Wenn die Überprüfung unter „**Art der Geberverschaltung**“ (äquivalent oder antivalent) länger als die „**Diskrepanzzeit**“ ungleich liefert, liegt ein Diskrepanzfehler an. Verglichen wird zum letzten gültigen Wert oder zu null, das kann in „**Diskrepanzverhalten**“ eingestellt werden.

Für die Konfiguration der Ausgänge existiert ein ähnliches Fenster, nur mit weniger Parametern zur Konfiguration.

4. Realisierung der Sicherheitsprinzipien

4.1 Kommunikation mit den Achsen

Es ist möglich die CU nur über Klemmenansteuerung zu bedienen. Dabei wird auf die Speicherung der Sollpositionen in der CU zurückgegriffen und über eine Codierung der binären Eingangsklemmen werden einfache Statussignale, Steuersignale und die Auswahl der Sollposition übergeben.

In diesem Fall soll zur Verbindung von der SPS und der CU PROFIsafe eingesetzt werden, da auch Sicherheitssignale übertragen werden und eine direkte Vorgabe der Achspositionen von dem LLS über die SPS möglich sein soll. Außerdem können umfangreichere Betriebsdaten sowie Steuersignale übertragen werden.

Es gibt für jede Antriebskomponente Standard-Telegramme für die Kommunikation über PROFIBUS. Diese sind für unterschiedliche Anwendungsfälle und Anforderungen angepasst und in dem Funktionshandbuch der Komponente dokumentiert. Da in diesem Fall für die Achsen eine direkte Vorgabe von Geschwindigkeit, Beschleunigung und Achsposition gefordert ist, wurde das „Telegramm 110“ gewählt.

In der SPS wird ein Datenbaustein „DB SINAMICS“ angelegt, welcher genau die Struktur wie das „Telegramm 110“ hat. In jedem Aufruf des „FB SINAMICS“ werden die Daten von dem letzten PROFIBUS-Zyklus in den „DB SINAMICS“ geschrieben. Mit den Daten aus diesem DB wird in dem SPS-Programm gearbeitet. Die aktuellen Zustände werden ausgewertet und je nach anstehender Aufgabe werden die Ausgangsdaten in den DB geschrieben, welche dann wiederum in die entsprechende Antriebskomponente übertragen werden.

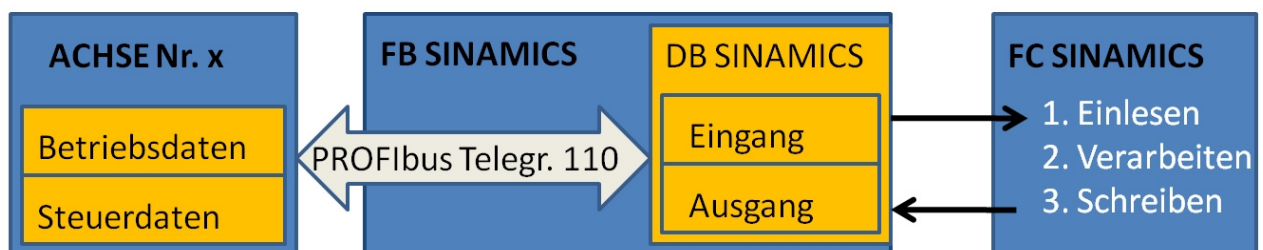


Abbildung 15: Kommunikationsprinzip mit den Achsen

Es werden noch mehr Telegramme ausgetauscht, was aber genau nach dem gleichen Prinzip funktioniert. Das „Telegramm 370“ für die Einspeisung, das „Telegramm 390“ für die CU, sowie für je eine Achse ein „Telegramm 110“. Aus diesem Grund hat jede Komponente einen

eigenen Adressbereich in dem PROFIBUS -Protokoll, wo sie direkt angesprochen wird. Die Struktur des „DB SINAMCS“ mit allen Parametern von den Telegrammen befindet sich im Anhang unter Telegramme.

4.1.1 „Drive CLiQ“

Drive-CLiQ, die einheitliche digitale Schnittstelle zwischen den SINAMIC S120 Antriebskomponenten, inklusive Motoren und Geber, senkt die Teilevielfalt.

Elektronische Typenschilder in den Komponenten ermöglichen die automatische Erkennung aller Antriebskomponenten über Drive-CLiQ-Kabel. Die manuelle Dateneingabe bei Inbetriebnahme oder Tausch entfällt.

Das leistungsfähige Kommunikationsmedium zur Echtzeitübertragung von Regelungsdaten der SINAMICS-Antriebskomponenten reduziert den Projektierungsaufwand, ermöglicht eine kompakte Verbindungstechnik sowie eine einfache und schnelle Diagnose. Über diese Schnittstelle lassen sich alle relevanten Kerndaten digital zwischen Motorspindel, Antrieb und Steuerungssystem der Werkzeugmaschine austauschen. /sinngemäße Übernahmen aus (11)/

4.2 Projektierung der Hardware im STARTER

4.2.1 Aufbau des Projektes

Wenn die Kommunikation über PROFIBUS stattfinden soll, beginnt das Erstellen eines Projektes in der Hardware-Konfiguration des SIMATIC-Managers. Dies wurde beschrieben unter dem Kapitel „SIMATIC Hardware Konfiguration“. Wenn die Kommunikation mit der CU über die E/A-Klemmen stattfinden soll, kann die Antriebsbaugruppe auch direkt im STARTER erstellt werden.

Bei der Kommunikation über PROFIBUS muss die Antriebsbaugruppe in der Topologie im



SIMATIC-Manager unter der SPS eingeordnet sein, wie rechts in der Grafik ersichtlich. Dies wird nur durch das Erstellen der CU320 in der SIMATIC Hardwarekonfiguration erreicht. Wenn die Antriebsbaugruppe im STARTER erstellt wird, dann befindet sie sich auf der gleichen Ebene wie die SPS

und kann nicht in die PROFIBUS- und PROFIsafe-Verbindungen der SPS eingebunden werden.

Da alle eingesetzten Komponenten über „Drive CLiQ“ verbunden sind, kann die automatische Konfiguration im STARTER verwendet werden. Diese Option ist bloß verfügbar, wenn eine Verbindung mit dem Zielsystem besteht. Beim Start dieser Option werden die angeschlossenen Komponenten ausgelesen und alle bekannten Daten in das Projekt eingetragen.

Wenn keine Verbindung zum Zielsystem besteht, kann der Hardwareaufbau auch per manuelle Eingabe erstellt werden. Dazu muss eine „Control Unit“ (CU) eingefügt werden, wenn nicht schon in der SIMATIC Hardwarekonfiguration geschehen. Unter den entsprechenden Ordnern „Einspeisung“ oder „Antriebe“ muss jede Komponente einzeln eingefügt werden. Über den DDS-Konfigurator (Drive-Data-Set) sind dann zu jeweils die entsprechenden Daten einzugeben.

Auch nach der automatischen Konfiguration sind im DDS-Konfigurator noch Eingaben zu tätigen um den Antrieb für den entsprechenden Einsatz anzupassen.

4.2.2 Zusammenfassung der DDS-Eingaben der Z-Achse

Für die Vorgeesehenen Pick & Place Aufgaben müssen die Antriebe im Positionier-Modus betrieben werden (EPOS – Einfach-Positionierter).

Für die Kommunikation über PROFIBUS wird das Standard-Telegramm 110 verwendet, welches für EPOS mit Sollwert-Direktvorgabe geeignet ist. Eine Übersicht und Beschreibung zu den wählbaren Telegrammen befindet sich im Funktionshandbuch für SINAMICS S120 (12).

Im Folgenden ist die Zusammenfassung der DDS-Eingaben für eine Achse zu sehen.

Regelungsstruktur:

Regelungsart: Drehzahlregelung (mit Geber) (21)

Funktionsmodule: Einfachpositionierer

Leistungsteil-Komponente:

Komponenten Name: Motor_Module_5

Komponenten Typ: Double Motor Module

Bestell-Nr.: 6SL3120-2TE15-0Axx

Bemessungsleistung: 2.7 kW

Bemessungsstrom: 5 A / 5 A

Leistungsteilanschluss:

Motor:

Motor Name: Motor_SMI_12

Motor Typ: Motor mit DRIVE-CLiQ-Schnittstelle

Motorhaltebremse:

Motorhaltebremse: Motorhaltebremse wie Ablaufsteuerung (1)

Typ des Bremsmoduls: Bremsenansteuerung mit Diagnoseauswertung (0)

Geber:

Name Geber 1: Encoder_11

Bestell-Nr. Geber:

Gebertyp Geber 1: 2048, 1 Vpp, A/B, EnDat, Multiturn 4096

Maßsystem:

Gebersystem für die Lageregelung: Encoder_11

Maßeinheit: LU - Expertenmodus

Mechanik:

Lageist-/sollwertauflösung:

Motorumdrehungen: 1

Lastumdrehungen: 1

LU pro Lastumdrehung: 2000

Prozessdatenaustausch PROFIBUS (Antrieb):

PROFIBUS PZD Telegramm: SIEMENS Telegramm 110, PZD-12/7 (110)

Die Kategorien „Leistungsteil-Komponente“, „Motor“, „Geber“ und „Maßsystem“ werden automatisch durch die Auslesung des Typenschildes über „Drive CliQ“ ausgelesen.

Die Maßeinheit LU muss selbst definiert werden, sie ist eine neutrale Längeneinheit. Es sollten bei der Konfiguration Werte gewählt werden, welche die Ansteuerung der Achsen erleichtern und zweckgemäß sind. In diesem Beispiel entspricht 1mm = 100LU. Der Wert für „LU pro Lastumdrehung“ resultiert aus der Steigung pro Umdrehung der Achse und der Übersetzung des Getriebes, welches zwischen Motor und Achse sein kann. In diesem Fall ist der Motor direkt an die Achse gekoppelt („Motorumdrehungen“ = „Lastumdrehungen“) und die Achse hat eine Steigung von 20mm pro Umdrehung.

$$\frac{2000 \text{ LU pro Lastumdrehung}}{20\text{mm (Steigung)}} = 100 \frac{\text{LU}}{\text{mm}}$$

„Der Lageregler kann Lagesollwerte im Interpolatortakt (IPO-Takt) nur in ganzzahligen Längeneinheiten (LU, Length Unit) verarbeiten. Drehzahlsollwerte, die kein ganzzahliges Vielfaches von 1 LU pro IPO-Takt sind, können daher nur im Mittel realisiert werden.“ (13)

Bei den Achsen X und Y sind „Motorumdrehungen“ =7 und „Lastumdrehungen“ =1, weil direkt am Motor ein Getriebe mit der Übersetzung 1:7 ist. Der Zusammenhang sieht dann wie folgt aus:

$$\frac{21000 \text{ LU pro Lastumdrehung} * 1 (\text{Lastumdrehungen})}{30\text{mm (Steigung)} * 7 (\text{Motorumdrehungen})} = 100 \frac{\text{LU}}{\text{mm}}$$

4.3 Anlegen von Safety Integrated

Der folgende Abschnitt beschreibt die Einstellungen, die in der Software STARTER zu wählen sind, wenn die sicheren Signale der Antriebe über PROFIsafe ausgetauscht werden sollen. Durch die Funktion ist der Hardwareaufwand für die Sicherheit geringer und einfacher. Es bieten sich wesentlich mehr Möglichkeiten zur Reaktion auf Gefahren so wie einfache Anpassungen der Sicherheitsfunktionen durch Softwareänderungen.

Für die Kommunikation auf PROFIsafe ist die **Lizenz für Extended Functions notwendig!**

Diese befindet sich auf der Speicherkarte (CF-Memory) in der CU320, es ist für jede Achse, die über PROFIsafe angesteuert werden soll, eine Lizenz zu erwerben.

Wenn STARTER geöffnet ist, im Verzeichnisbaum den gewünschten Antrieb wählen und unter dem Untermenü: Funktionen, „Safety Integrated“ öffnen. Es öffnet sich ein Fenster mit folgenden Wahlmöglichkeiten:

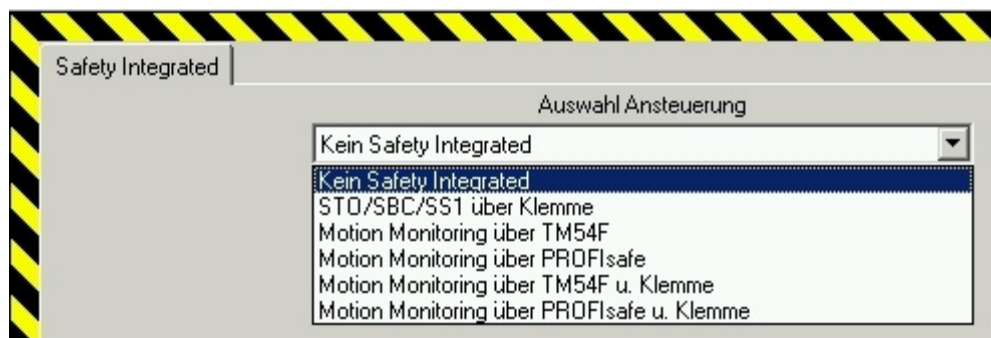


Abbildung 16: Integrated Safety: Überwachungsart

Für dieses Projekt ist die Auswahl „Motion Monitoring über PROFIsafe“ erforderlich, da keine Ansteuerung über die Klemmen der CU (Control Unit) und auch kein TM54F (Fehlersicheres Technologiemodul) eingesetzt wird.

Danach bieten sich weitere Möglichkeiten zur Konfiguration.

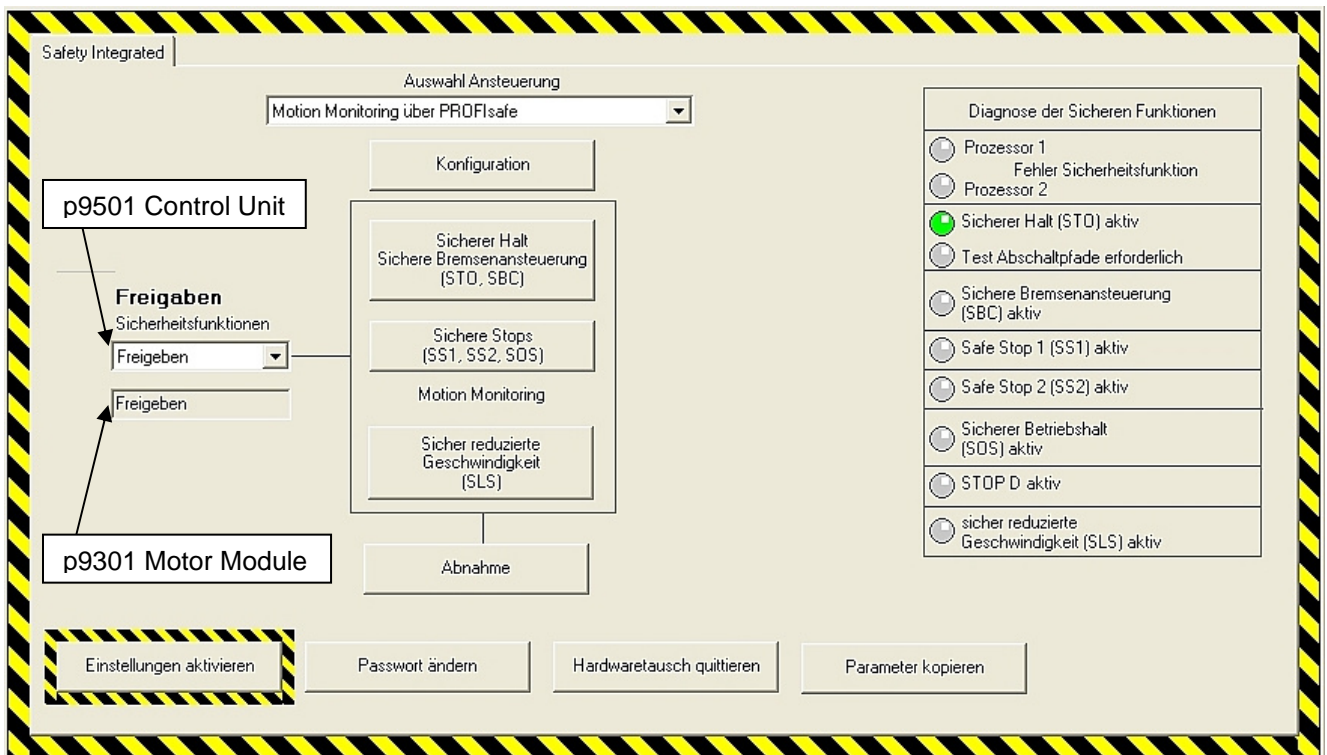


Abbildung 17: Integrated Safety: Freigabe Safety Integrated

Mit dem Dropdown-Menü von „Sicherheitsfunktionen“, können die Funktionen in der eingerahmten Fläche aktiviert werden („SI Motion Freigabe sichere Funktionen“; p9501/p9301). In jedem Formular kann nur die Einstellung der Control Unit geändert werden, dies ist bei den Safety-Einstellungen immer der Fall. Damit die Einstellung auch in das Motor Module abgelegt werden, muss auf die Schaltfläche Parameter kopieren geklickt werden.

Dies gehört auch zum Prinzip der Zweikanaligkeit bei der Sicherheitstechnik, die Einstellungen sind im Motor Module und in der CU abgelegt, damit sie nicht einfach verloren gehen oder manipuliert werden können.

Rechts in der Tabelle wird der aktuelle Zustand der Sicherheitsfunktionen während des Betriebes des Antriebes dargestellt.

4.3.1 Konfiguration

Konfiguration

PROFIsafe-Adresse: 0000H

Überwachungs-Takt: 12.00 ms

Verzögerungszeit bei Busfehler: 0.00 ms

0000H

12000.00 µs

0.00 µs

Safe Speed Monitor (SSM)

Geschwindigkeitsgrenze: 20.00 mm/min

20.00 mm/min

Prüfzeit Impulslöschung: 100.00 ms, 100000.00 µs

Prüfzeit Teststop: 8.00 h

Signalquelle für Anwahl Teststop: 0

Signal Test der Abschaltpfade erforderlich

Antriebsstyp: [0] Linearachse

[0] Linearachse

Geber-Parametrierung

Schließen Hilfe

Abbildung 18: Integrated Safety: Konfiguration PROFIsafe

In das Feld „**PROFIsafe-Adresse**“ muss dieselbe eingetragen werden, wie im SIMATIC Manager in der Hardwarekonfiguration zugewiesen wurde (hexadezimal).

(Siehe: SIMATIC Hardware-Konfiguration - PROFIsafe Eigenschaften - „F_Dest_Add“)

Innerhalb des „**Überwachungs-Taktes**“ muss ein gültiges Signal von der F-CPU ankommen, andernfalls geht der Antrieb in den sicheren Zustand. Die Überwachungszeit sollte so hoch gewählt werden, dass Telegrammverzögerungen durch die Kommunikation toleriert werden, aber im Fehlerfall (z. B. Unterbrechung der Kommunikationsverbindung) die Fehlerreaktion schnell genug ausgeführt wird.

„Safe Speed Monitor“ (SSM)

„Die Funktion SSM dient zur sicheren Anzeige der Unterschreitung einer Geschwindigkeitsgrenze (p9346/p9546) (z. B. zur Stillstandserkennung) in beide Drehrichtungen. Zur Weiterverarbeitung steht ein sicheres Ausgangssignal zur Verfügung. Die Funktion wird automatisch angewählt, sobald die Extended Functions über p9301.0 = p9501.0 = 1 freigegeben sind.“ (14 S. 74)

Weitere Information über Schalthysterese und Ausgangssignale im Funktionshandbuch.

Ein **„Teststop“** (Zwangsdynamisierung) ist die Aktivierung der Funktion „Safe Torque Off“ (STO).

Die **„Prüfzeit Teststop“** existiert, um den Anforderungen aus EN 954-1/ ISO 13849-1 und IEC61508 nach rechtzeitiger Fehlererkennung gerecht zu werden. Die Funktionen und die Abschaltpfade sind innerhalb eines Zeitintervalls mindestens einmal auf korrekte Wirkungsweise zu testen. Das maximal zulässige Intervall für die Zwangsdynamisierung bei den Safety Functions beträgt 9000 Stunden bzw. einmal pro Jahr.

„Prüfzeit Impulslöschung“ ist die Einstellung der Zeit, nach der bei Auslösen des Teststopps die Impulse gelöscht sein müssen, also die Funktion STO aktiv sein muss.

Am einfachsten ist es den Anlagennutzer durch eine Warnmeldung aufmerksam zu machen, dass ein Test durchgeführt werden muss und er diesen z. B. vom Mobile Panel aus starten kann. Dazu stehen in der CU320 folgende Parameter zur Verfügung, welche auch auf den Bus gelegt werden können.

- p9559 SI Motion Zwangsdynamisierung Timer 0h-9000h (Control Unit)
- p9705 BI: SI Motion Signalquelle für Teststopp
- r9723.0 CO/BO: Signal: Test der Abschaltpfade erforderlich

Die Durchführung der Zwangsdynamisierung kann in der SPS auch an andere Ereignisse gebunden werden, die dann vom Benutzer ausgelöst werden müssen (z. B. Öffnen einer Schutztür).

Im Untermenü von Konfiguration sind die „Geber-Parametrierungen“. Die hier erforderlichen Daten sollten alle aus dem Datenblatt vom Hersteller entnommen werden.

Geber-Parametrierung

1. Geber

Gebertyp: Vorzeichenwechsel:

Geberstriche: Feinauflösung X_IST1:

Spindelsteigung: mm

Getriebefaktor

	Anzahl Lastumdrehungen	Anzahl Geberumdrehungen
Getriebestufe 1	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
Getriebestufe 2	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
Getriebestufe 3	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
Getriebestufe 4	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>

2. Geber

Gebertyp: Vorzeichenwechsel:

Geberstriche: Feinauflösung X_IST1:

Spindelsteigung: mm

Getriebefaktor

	Anzahl Lastumdrehungen	Anzahl Geberumdrehungen
Getriebestufe 1	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
Getriebestufe 2	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
Getriebestufe 3	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
Getriebestufe 4	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>

Geber-Synchronisation

Istwert-Synchronisation:

Istwerttoleranz: mm

Abbildung 19: Integrated Safety: Geber-Parametrierung

Für Systeme mit 2 Gebern werden mit der Aktivierung der Istwert-Synchronisation (p9301.3 = p9501.3 = 1) die Istwerte beider Geber zyklisch auf den Mittelwert gebracht. Ist dieser Parameter nicht freigegeben, werden die 2 Geberwerte nach der Istwerttoleranz verglichen.

4.4 Sichere Funktionen

Die Störmeldungen der „Safety Basic Functions“ werden im Standard-Meldungspuffer gespeichert und können dort ausgelesen werden, im Gegensatz zu den Störmeldungen der „Safety Integrated Extended Functions“, die in einem separaten Safety-Meldungspuffer gespeichert werden. Falls eine Safety-Meldung vorliegt, wird das Bit 2139.5 = 1 ("Safety-Meldung wirksam") gesetzt.

Für die Safety Extended Functions existieren folgende untergeordnete Stoppreaktionen:

Tabelle 5- 2 Übersicht Stoppreaktionen

Stopreaktion	Wird ausgelöst	Aktion	Auswirkung
STOP A	Bei allen quittierbaren Safety-Störungen mit Impulslöschung. Als Folgereaktion von STOP F.	Sofortige Impulslöschung	Antrieb trudelt aus
STOP B	Beispiele: - Stillstandstoleranz in p9330/p9530 (SOS) verletzt. - Projektierter Folgestop p9363/p9563 bei SLS. - Stop F bei anstehender Funktion SS2, führt zum Folgestop B.	Sofortige Vorgabe Drehzahlsollwert = 0 und starten der Zeitstufe t_B . Nach Ablauf von t_B oder $n_{ist} < n_{Abschalt}$ wird STOP A ausgelöst.	STOP B mit anschließendem STOP A. Antrieb wird an der AUS3-Rampe abgebremst, anschließend Übergang in STOP A
STOP C	Projektierter Folgestop p9363/p9563 bei SLS. Bei angewähltem SLS wird der Antrieb mit dem Stop C abgebremst.	Sofortige Vorgabe Drehzahlsollwert = 0 und starten der Zeitstufe t_C . Nach Ablauf von t_C wird SOS angewählt.	Antrieb wird an der AUS3-Rampe abgebremst, anschließend ist SOS angewählt.
STOP D	Projektierter Folgestop p9363/p9563 bei SLS.	Zeitstufe t_D wird starten. Keine antriebsautarke Reaktion. Nach Ablauf von t_D wird SOS aktiviert.	Antrieb muss durch übergeordnete Steuerung (im Verbund) abgebremst werden! Nach Ablauf der Zeit t_D wird SOS angewählt. Eine eigenständige Reaktion findet lediglich statt, wenn in SOS das Stillstandstoleranzfenster verletzt wird.
STOP F	Bei Fehler im kreuzweisen Datenvergleich. Folgereaktion STOP B.	Zeitstufe t_{F1} (Basic Functions) oder t_{F2} (Extended Functions). Keine Reaktion des Antriebs	Nach Ablauf von t_{F1} (Basic Functions) Übergang in STOP A, bzw. nach Ablauf von t_{F2} (Extended Functions) Übergang in STOP B, wenn eine Sicherheitsfunktion (SOS, SLS) angewählt ist.

Abbildung 20: Integrated Safety: Übersicht Stoppreaktionen (14)

Um die Meldungen zu quittieren, muss die übergeordnete Steuerung über das PROFIsafe-Telegramm (STW Bit 7) das Signal "Internal Event ACK" setzen. Eine fallende Flanke in

diesem Signal setzt den Status "Internes Ereignis" (internal Event) im jeweiligen Antrieb und quittiert somit die Störung.

Störungen können nicht im Verband quittiert werden, sondern müssen für jedes Antriebsobjekt einzeln erfolgen.

4.4.1 „Sicherer Halt“

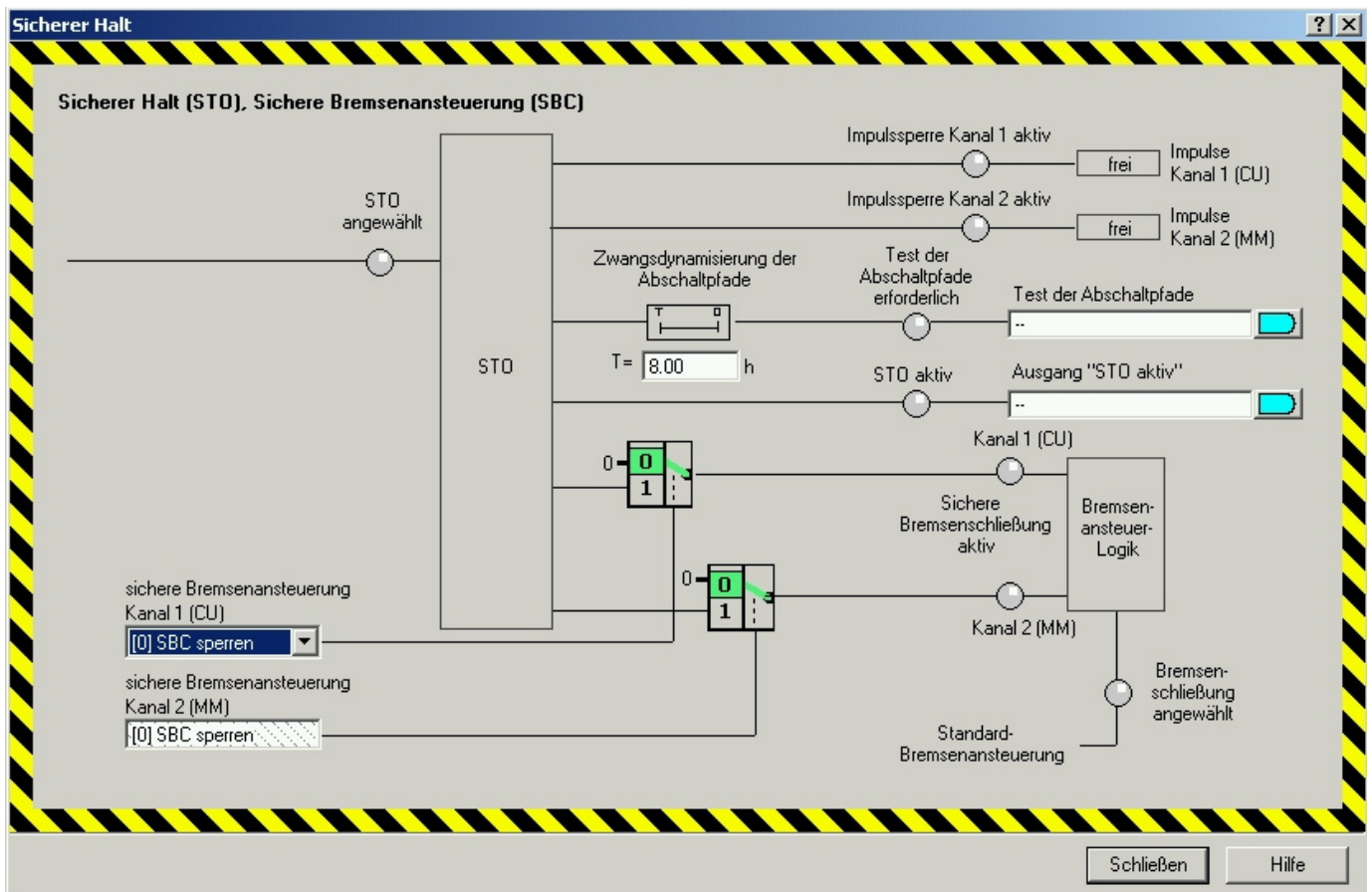


Abbildung 21: Integrated Safety: STO und SBC

Um STO („Safe Torque Off“ = Sicherer Halt) über PROFIsafe freizugeben, sind folgende Parameter zu setzen:

- p9601.2 = 1, p9801.2 = 1
- p9601.3 = 1, p9801.3 = 1

Die „Sichere Bremsenansteuerung“ (SBC) kann links über die Dropdown-Menüs freigeschalten werden. Diese entsprechen den Parametern p9602 und p9802.

Des Weiteren kann der Timer für die Zwangsdynamisierung eingestellt und abgefragt werden und verschiedene Zustände der sicheren Funktion werden angezeigt.

„Safe Torque Off“ (STO entspricht STOP A)

Durch die zweikanalige Impulslöschung mit STO wird der Motor direkt drehmomentfrei geschaltet, die momentenbildende Energiezufuhr zum Motor wird sicher unterbrochen. Das entspricht der Stopp-Kategorie 0 nach EN 60204-1:2006.

Ein im Stillstand befindlicher Motor kann nicht mehr ungewollt anlaufen und ein in Bewegung befindlicher Motor trudelt aus. Das Wiedereinschalten ist über die Einschaltsperrverriegelung verriegelt.

„Safe Break Control“ (SBC)

Die sichere Bremsenansteuerung dient zur Ansteuerung von Haltebremsen, die nach dem Ruhestromprinzip arbeiten (z. B. Motorhaltebremse).

Der Befehl zum Öffnen oder Schließen der Bremse wird über DRIVE-CLiQ an das Motor Module übertragen. Das Motor Module/Safe Brake Relay führt dann die Aktion aus und steuert die Ausgänge für die Bremse entsprechend an.

4.4.2 „Sichere Stopps“

Unter dem Menü sind alle Stoppfunktionen aufgelistet, die verfügbar sind. Es kann immer eine Funktion aktiviert werden, falls eine Folgefunktion existiert, tritt diese nach der eingestellten Verzögerungszeit in Kraft.

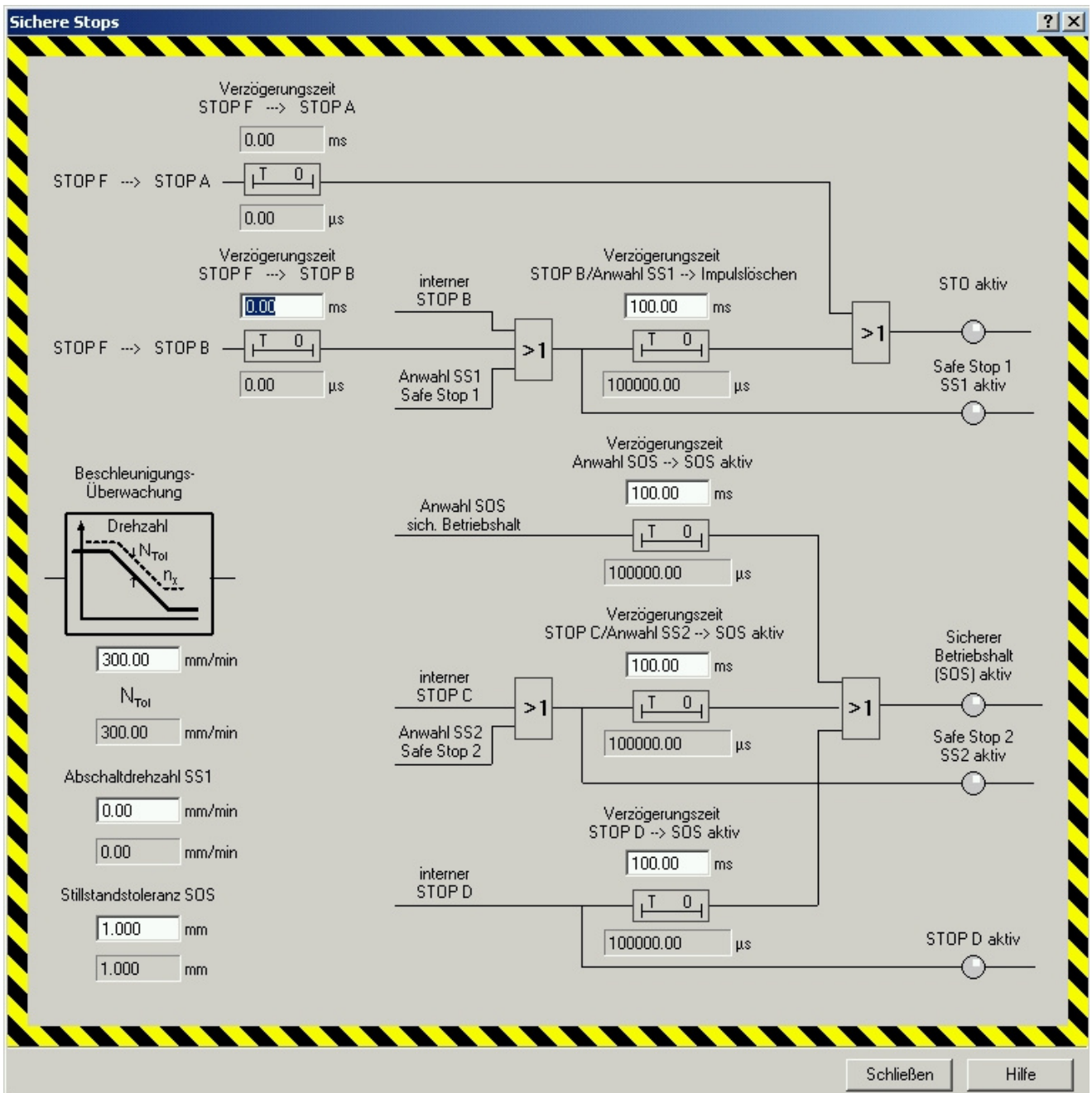


Abbildung 22: Integrated Safety: Sichere Stopps

Die Verzögerungszeit bestimmt, nach welcher Zeit STOP B (oder A) ausgelöst wird. Wenn die Zeit 0ms beträgt, wird STOP F unverzüglich zu STOP B.

Welcher Stopp gewählt wird, ist von der Aktiven Safety-Funktion und vom aufgetretenen Fehler abhängig.

Eine Verzögerungszeit zwischen STOP F und STOP B/A sollte nur dann eingestellt werden, wenn während dieser Zeit eine zusätzliche Reaktion über das Auswerten des Meldesignals "Internal Event" (p9722.7) eingeleitet wird.

„Safe Stop 1“ (SS1, time and acceleration controlled; entspricht STOP B)

Mit der Funktion SS1 kann ein Stillsetzen nach EN 60204-1:2006 der Stopp-Kategorie 1 realisiert werden. Bei Anwahl SS1 wird der Antrieb an der AUS3-Rücklauf rampe (p1135) abgebremst und nach Ablauf der Verzögerungszeit oder nach Erreichen der Abschalt drehzahl SS1 wird STO/SBC automatisch ausgelöst. (14 S. 63)

Die Funktion wird durch Eingabe der Verzögerungszeit in p9356 und p9556 angewählt.

Die Wartezeit bis zur Impulslöschung kann durch Vorgabe einer Abschalt drehzahl in p9360 und p9560 verkürzt werden.

Die Verzögerungszeit läuft ab, auch wenn die Funktion während dieser Zeit abgewählt wird. In diesem Fall wird nach Ablauf der Verzögerungszeit die Funktion STO/SBC angewählt und gleich wieder abgewählt.

Die Verzögerungszeit muss so bemessen sein, dass der Antrieb nach Anwahl, mit der AUS3-Rampe, bis zum Stillstand oder unter die Abschalt drehzahl abbremst!

Die Abschalt drehzahl in p9360/p9560 muss so eingestellt werden, dass ab dieser Drehzahl und anschließendem Austrudeln durch Impulssperre keine Gefahr für Mensch oder Maschine ausgeht.

Folgereaktion bei Fehlern:

Geschwindigkeitsgrenzwert verletzt (SBR):

- STOP A
- Safety-Meldung C01706/C30706

Systemfehler:

- STOP F mit anschließendem STOP A
- Safety-Meldung C01711/C30711

„Safe Operating Stop“ (SOS)

„Die Funktion dient zur sicheren Überwachung der Stillstandsposition eines Antriebs. Bei aktivem SOS können z. B. geschützte Maschinenbereiche betreten werden, ohne die Maschine abzuschalten.

Der Stillstand des Antriebs wird über ein SOS-Toleranzfenster (p9330 und p9530) überwacht. Nach Anwahl von SOS und nach der Verzögerungszeit in p9351/p9551 wird die Funktion SOS wirksam. Innerhalb dieser Verzögerungszeit muss der Antrieb, z. B. von der Steuerung, bis zum Stillstand abgebremst werden. Zum Zeitpunkt des Wirksamwerdens dieser Funktion wird die aktuelle Istposition als Vergleichsposition solange gespeichert, bis SOS wieder abgewählt wird. Nach Abwahl von SOS gibt es keine Verzögerungszeit, der Antrieb kann sofort verfahren.“ (14 S. 68)

Folgereaktion bei Fehlern:

Stillstandstoleranz in p9330/p9530 verletzt

- STOP B mit anschließendem STOP A
- Safety-Meldung C01707/C30707

Systemfehler

- STOP F
- Safety-Meldung C01711/C30711

„Safe Stop 2“ (SS2 entspricht STOP C)

„Die Sicherheitsfunktion "Safe Stop 2" (SS2) dient zum sicheren Abbremsen des Motors an der AUS3-Rücklaufbremse (p1135) mit Übergang nach Ablauf der Verzögerungszeit (p9352/p9552) in den Zustand SOS (siehe auch Kapitel "Safe Operating Stop").

Die Verzögerungszeit muss so bemessen sein, dass der Antrieb in dieser Zeit bis zum Stillstand abbremst. Die Stillstandstoleranz (p9330/p9530) darf danach nicht verletzt werden.

- Die Antriebe bleiben nach dem Bremsvorgang in Drehzahl-Regelung
- (Drehzahlsollwert $n = 0$).
- Der Motor ist nicht von gefährlicher Spannung getrennt.
- Die Sollwertvorgabe (z. B. aus dem Sollwertkanal oder einer übergeordneten

Steuerung) bleibt während der Anwahl von SS2 gesperrt

Die Funktion "Safe Acceleration Monitor" (SBR) ist beim Abbremsen angewählt", es wird überwacht, dass die maximale Beschleunigung nicht überschritten wird.

Folgereaktion bei Fehlern:

Geschwindigkeitsgrenzwert verletzt (SBR):

- STOP A
- Safety-Meldung C01706/C30706

Stillstandstoleranz in p9330/p9530 verletzt (SOS):

- STOP B mit anschließendem STOP A
- Safety-Meldung C01707/C30707

Systemfehler:

- STOP F mit anschließendem STOP A
- Safety-Meldung C01711/C30711

(14 S. 66/67)

4.4.3 Übersicht SS1 und SS2

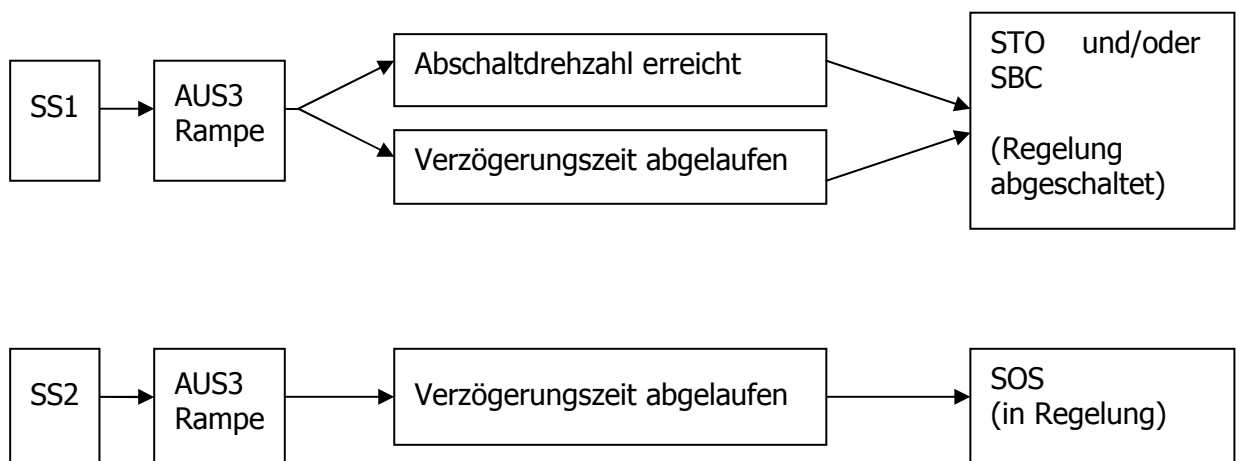


Abbildung 23: Integrated Safety: Übersicht SS1 und SS2

4.4.4 „Safety-Limited Speed“ (SLS)

„SLS dient dazu, dass eine ungewollte Bewegung oberhalb des zulässigen Grenzwertes verhindert wird. Die Grenzwerte müssen in Abhängigkeit der Risikoanalyse festgelegt werden. Es können mit p9533[0...3] bis zu 4 verschiedene SLS-Geschwindigkeiten parametrisiert werden.

Nach Anwahl von SLS und Ablauf der Verzögerungszeit (p9351/p9551) ist die Geschwindigkeitsgrenze aktiv. Bei Anwahl einer niedrigeren Geschwindigkeitsgrenze muss innerhalb dieser Verzögerungszeit unter die neue Grenze, z. B. von der Steuerung, abgebremst werden. Bei Anwahl einer höheren Geschwindigkeitsgrenze gibt es keine Verzögerungszeit.“ (14 S. 70)

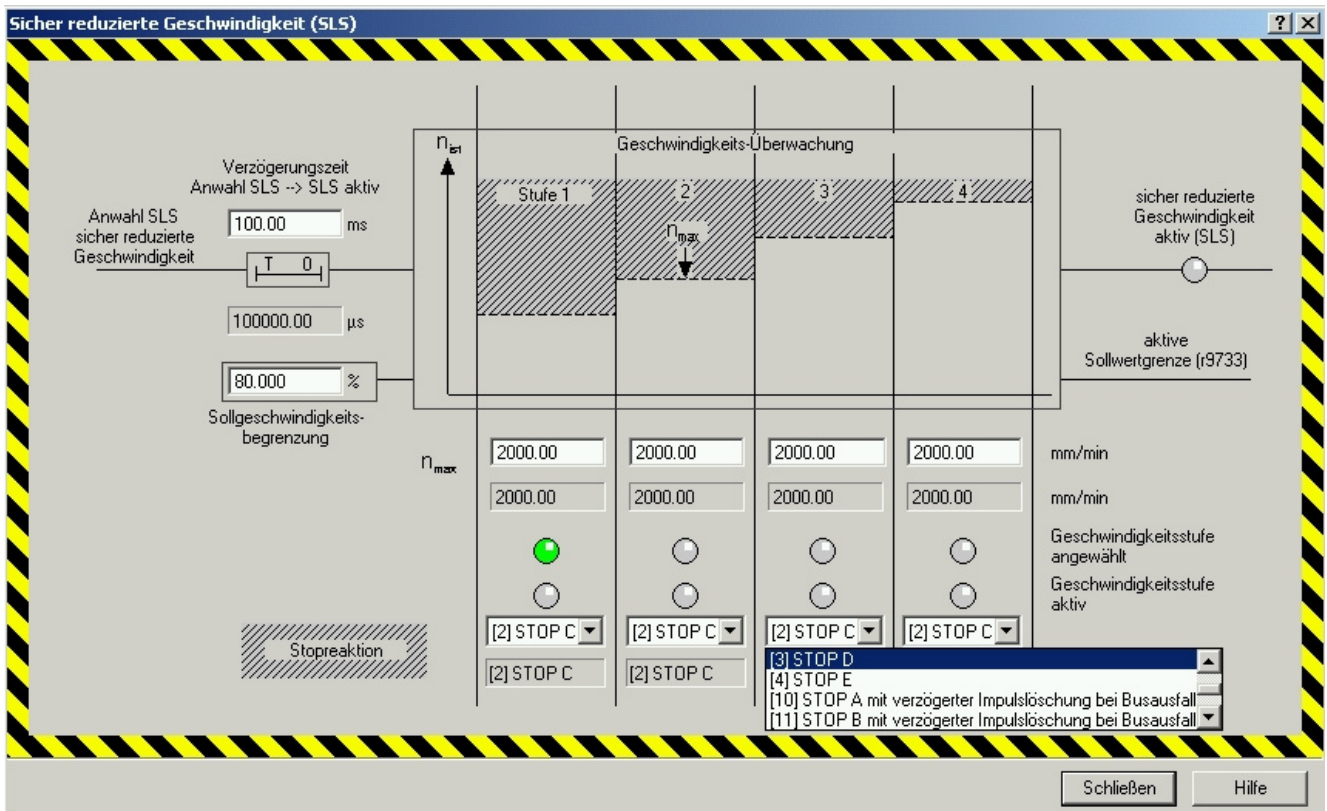


Abbildung 24: Integrated Safety: SLS

In p9533 kann eine „Sollgeschwindigkeitsbegrenzung“ in Prozent eingegeben werden. Aus dieser wird je nach gewählter Geschwindigkeitsbegrenzung p9531[x] eine Sollgeschwindigkeitsbegrenzung r9733 berechnet.

Bei Verletzung der aktiven Grenze geht der Antrieb in die Stoppreaktion, die zu jeder Stufe gewählt werden kann.

Folgereaktion bei Fehlern:

Geschwindigkeitsgrenzwert überschritten:

- Projektierter Folgestopp STOP A / B / C / D über p9363/p9563
- Safety-Meldung C01714/C30714

Systemfehler:

- STOP F
- Safety-Meldungen C01711/C30711

4.4.5 Safe Acceleration Monitor (SBR)

Die Funktion "Safe Acceleration Monitor" (SBR) ist eine sichere Überwachung auf Beschleunigung. Sie ist keine eigenständige Sicherheitsfunktion und ist Bestandteil der Safety-Funktionen SS1 (time and acceleration controlled) und SS2 (bzw. STOP B und STOP C). Wenn der Antrieb während der Rücklauf rampe um mehr als die Toleranz in p9348/p9548 beschleunigt, wird ein STOP A ausgelöst. Die Überwachung wird bei SS1 und SS2 aktiviert und endet beim Unterschreiten der Geschwindigkeit vom SSM (p9346/p9546).

Folgereaktion bei Fehlern:

Geschwindigkeitsgrenzwert verletzt (SBR):

- STOP A
- Safety-Meldung C01706/C30706

Systemfehler:

- STOP F mit anschließendem STOP A
- Safety-Meldung C01711/C30711

5. Konfiguration der Bewegungsachsen

5.1 Endlagen

Die Sicherung der Endlagen, sodass diese nie überfahren werden, ist ein sehr bedeutender Punkt. Man muss davon ausgehen, wenn eine Achse in ihre mechanische Endlage fährt, kann sie irreparabel beschädigt werden.

Die Achsen am Portal haben eine dreifache Sicherung. Die erste Sicherung ist die Softwareendlage, welche für jede Achse im entsprechenden Motormodule eingestellt werden kann. Bei dem Erreichen wird eine Fehlermeldung ausgegeben, die Achsen bleiben in Regelung, aber es kann bloß noch in die entgegengesetzte Richtung verfahren werden.

Die zweite Sicherung sind die Endlagen-Initiatoren, welche an den binären Eingangsklemmen der CU angeschlossen sind. Beim Erreichen dieser Initiatoren werden die Achsen abgeschaltet, eine vorhandene Haltebremse würde aktiv und eine Fehlermeldung wird ausgegeben. Die Achse geht nach der Quittierung des Fehlers wieder in Regelung, kann aber nur in die Richtung weg von der Endlage verfahren werden.

Die dritte Sicherung sind die mechanischen Endlagenschalter, welche an der SPS an sicheren Eingängen angeschlossen sind. Wenn eine Achse die Softwareendlage und die Endlagen-Initiatoren überfährt, löst der Endlagenschalter direkt Not-Halt in der SPS aus. Um die Achse wieder aus dem betätigten Endlagenschalter heraus zu fahren, muss am Schaltschrank der Schlüsselschalter zur Überbrückung der Endlagenschalter aktiviert werden. Erst dann kann das Not-Halt quittiert werden, die Achse geht wieder in Regelung und kann verfahren werden. In diesem Fall sollte die Anlage überprüft werden, da zwei Sicherungen versagt haben und sich möglicherweise ein schwerwiegender Fehler in der Anlage befindet.

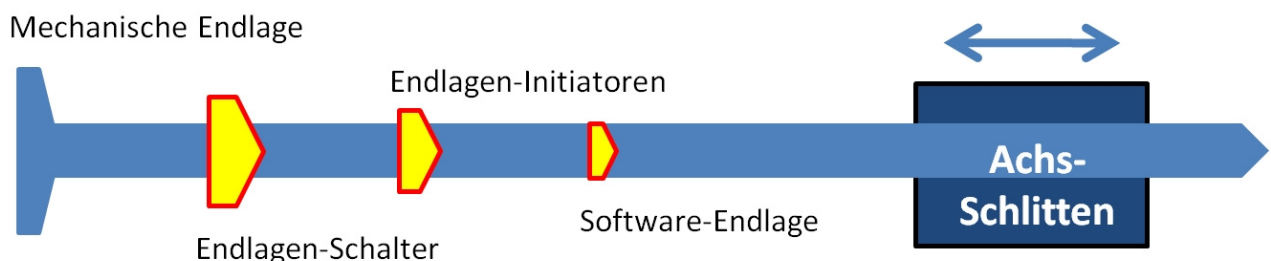


Abbildung 25: Sicherung der Endlagen

5.2 Reglereinstellung

Wenn über die Drive-CLiQ-Schnittstelle alle Motordaten ausgelesen wurden, werden auch Voreinstellungen für die Regler geladen. Mit diesen Einstellungen sollte die Achse sich auch vorerst verfahren lassen. Um von der Achse das Folgeverhalten zu der Führungsgröße zu verbessern, das Störverhalten zu verbessern oder Schwingungen zu unterbinden, können individuelle Einstellung für die Regler getroffen werden.

5.2.1 Aufbau der Regelstrecke

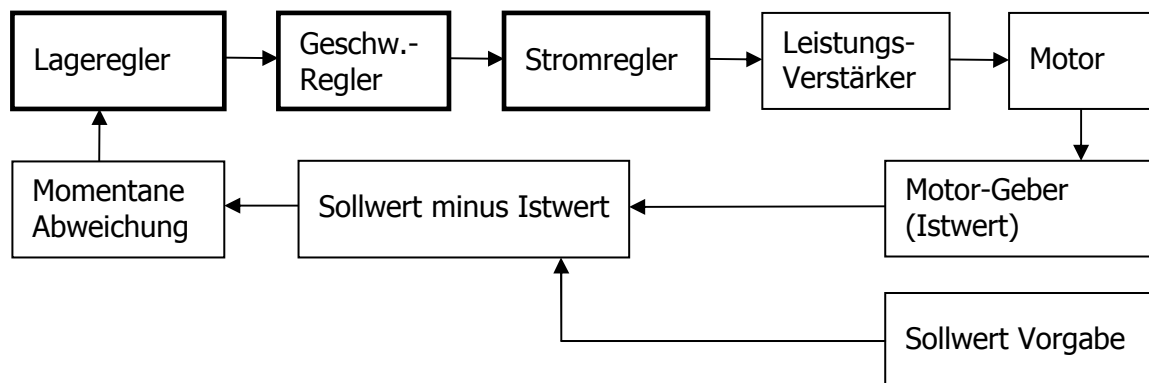


Abbildung 26: Aufbau der Regelstrecke

Im folgenden Abschnitt ist eine Herangehensweise für eine Konfiguration eines PI-Motor-Reglers beschrieben.

5.2.2 Stromregler

„Von den werksseitig eingestellten Werten für den Stromregler soll nicht abgewichen werden“. (15)

Durch den Stromregler wird direkt der Strom, somit die zugeführte Leistung bestimmt, da er der letzte Regler in der Kette ist. Werte für diesen Regler sind für den angeschlossenen Motor voreingestellt oder können für Fremdmotoren mit Programmen berechnet werden, auf Grundlage der Herstellerwerte aus dem Datenblatt.

- Um Werte für einen Fremdmotor zu berechnen, ist unter anderem die maximal zulässige Spannungssteilheit (Spannungsänderung pro Zeit) notwendig.
- Je größer T_{Ni} (Nachstellzeit des I-Anteils), desto größer der Schleppabstand und schlechteres Folgeverhalten, dafür aber kleinere Stromspitzen bei Sollwertsprüngen.

5.2.3 Geschwindigkeitsregler

Um gute Einstellungen zu finden, muss der Antrieb unter den späteren Einsatzbedingungen und Belastungen eingestellt werden. Im Folgenden ist die Einstellung eines Reglers anhand des Verfahrens von „Ziegler-Nichols-Methode“ erklärt, diese untersucht das dynamische Schwingverhalten des Regelkreises.

Starteinstellungen

Es wird mit einem reinen P-Regler gestartet. Die Reglerparametrierung muss für den Beginn der Parameterbestimmung wie folgt gewählt werden:

- Geschwindigkeitsregler-Proportionalverstärkung = Standardwert des angeschlossenen Motors.
- Geschwindigkeitsregler-Nachstellzeit = 0ms (kein I-Anteil)
- Glättungszeitkonstante/Glättungsfilter abschalten
- Bandbreite Sperrfilter deaktivieren

Einstellung Proportionalverstärkung und Glättungszeitkonstante

Den Antrieb nach Zuschalten der Reglerfreigabe mit kleiner Geschwindigkeit bewegen lassen. (rotierende Motoren: 10...20Upm; Linear-Motoren: 1...2 m/min)

- Geschwindigkeitsregler-Proportionalverstärkung solange erhöhen, bis instabiles Verhalten (Dauerschwingung) auftritt.
- Frequenz der Schwingung durch oszilloskopieren der Ist-Geschwindigkeit erfassen. Wenn die Frequenz der Schwingung wesentlich höher als 500Hz ist, ist der Parameter Glättungszeitkonstante solange zu erhöhen, bis die Schwingung abklingt. Danach ist die Geschwindigkeitsregler-Proportionalverstärkung weiter zu erhöhen, bis erneut Instabilität auftritt.
- Geschwindigkeitsregler-Proportionalverstärkung solange reduzieren, bis die Schwingung selbsttätig abklingt.

Der so gefundene Wert ist die "kritische Geschwindigkeitsregler-Proportionalverstärkung".

Bei nicht unterdrückbaren Resonanzschwingungen muss die Resonanzfrequenz festgestellt werden und dann kann das Aufschwingen durch Filterung kritischer Frequenzen unterdrückt werden.

Bestimmung der kritischen Nachstellzeit

- Geschwindigkeitsregler-Proportionalverstärkung $K_p = 0,5 * K_{p_{krit}}$ (kritische Proportionalverstärkung) einstellen.
- Geschwindigkeitsregler-Nachstellzeit Wert finden, wo keine Schwingung auftritt
- solange erniedrigen, bis instabiles Verhalten auftritt
- Geschwindigkeitsregler-Nachstellzeit solange erhöhen, bis Dauerschwingung abklingt.

Der so gefundene Wert entspricht der "kritischen Nachstellzeit". Die gewählte Nachstellzeit liegt in der Regel bei $T_n = 2 * T_{n_{krit}}$.

Für ein sehr schnelles Regeln kann der I-Anteil sehr klein gewählt werden. Dann kann aber die Reproduzierbarkeit wesentlich ungenauer sein, da der I-Anteil für die langsame und genaue Annäherung zuständig ist.

Die folgende Grafik zeigt das Schwingen bei einer kleinen Nachstellzeit, welche in der Nähe der kritischen Zeit liegt. Der Drehzahlwert zeigt eine sehr schnelle und auch sehr exakte Regelung. Durch die Schwingung ist auch noch kein Summen des Motors hörbar, aber der Trace zeigt doch schon eine Neigung zum Schwingen auf Grund der zu kurzen Nachstellzeit.

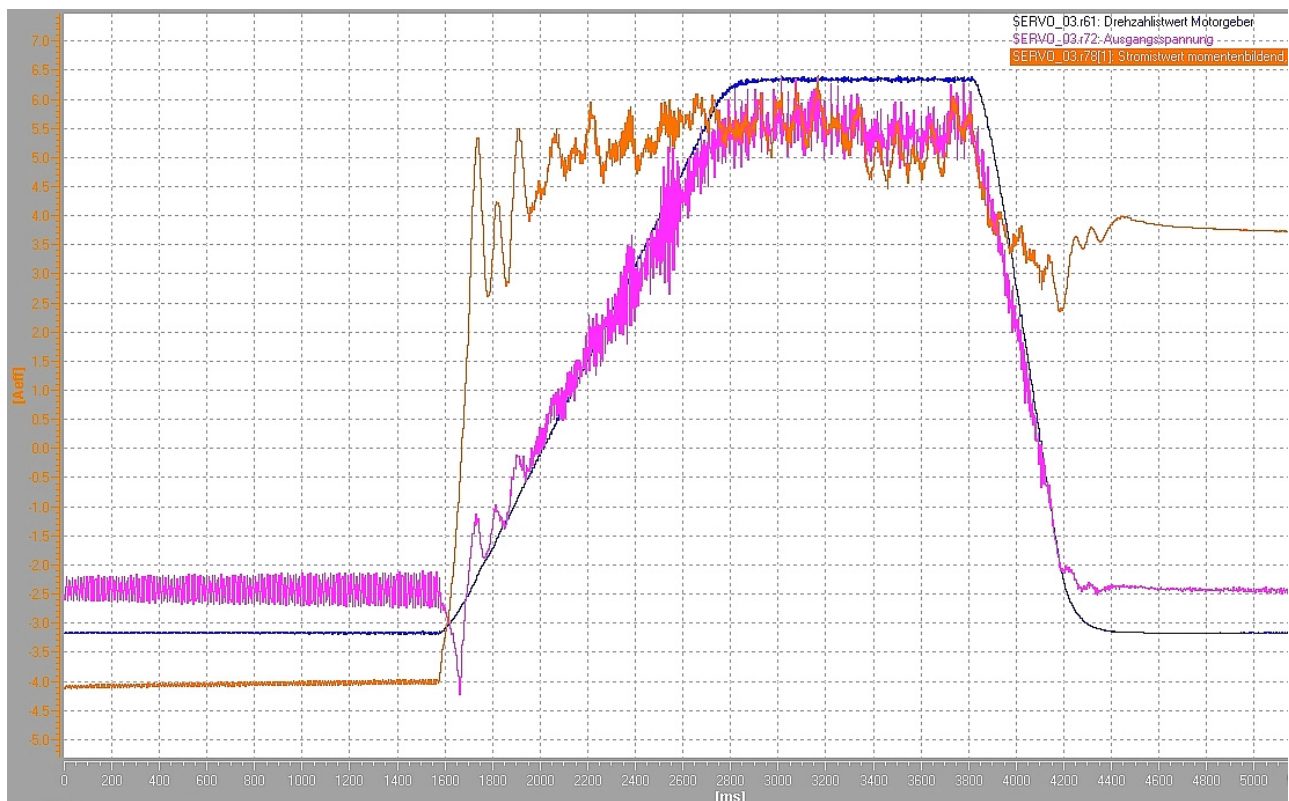


Abbildung 27: Trace mit kleiner Regler-Nachstellzeit

5.2.4 kritische Lageregler-Verstärkung

Voraussetzung:

Strom- und Geschwindigkeitsregler müssen korrekt eingestellt sein. Als Startwert für den Kv-Faktor sollte ein relativ niedriger Wert gewählt werden. ($K_v = 1$)

- Achse mit kleiner Geschwindigkeit, z. B. über Tipp-Funktion verfahren (rotierende Motoren: 10...20Upm; Linear-Motoren: 1...2 m/min).
- Kv-Faktor solange erhöhen, bis Instabilität auftritt.
- Kv-Faktor solange reduzieren, bis die Dauerschwingung selbstständig abklingt.

Der so ermittelte Kv-Faktor ist die "kritische Lageregelkreis-Verstärkung". Danach ergibt sich die Lageregler-Verstärkung $K_v = 0,5 \dots 0,8 * K_{v_{krit}}$

Der folgende Trace zeigt die Schwingung die nahe der kritischen Verstärkung auftritt, es zeigt sich aber noch keine Dauerschwingung. Die Periodendauer der Schwingung ist länger als in Abbildung 26, da sie sich mit längerer Nachstellzeit auch verlängert. Die Periodendauer eines schwingenden Reglers ist also unmittelbar abhängig von der Nachstellzeit. Die Drehzahlkurve zeigt eine weniger schnelle und aggressive Regelung als in Abbildung 26, sie verläuft glatter und ruhiger, aber mit etwas größeren Abweichungen (z. B. bei ca. 1500ms).



Abbildung 28: Trace mit großer Regler-Nachstellzeit

5.3 Energieeffizienz

Die Einstellung der Regelparameter hat einen sehr großen Einfluss auf den Energieverbrauch der Achse. Ein Mindestenergiebedarf ergibt sich durch die Reibung, die bei Bewegung überwunden werden muss, durch die Massen die beschleunigt werden müssen und eventuell Gewichte, die gehalten werden (die senkrechte Z-Achse würde ohne Haltekraft nach unten fallen). Dazu kommt noch der Wirkungsgrad des eingesetzten Antriebes. Der Energiebedarf, welcher sich aus diesen Faktoren ergibt, sollte als Idealwert bei den Reglereinstellungen angestrebt werden.

In dem Fall, dass der Regler schwingt, wird mehr Energie gebraucht als notwendig. Dieser Zustand kann im Prinzip verglichen werden mit einem Auto, welches eine definierte Geschwindigkeit fahren soll. Ist die Sollgeschwindigkeit leicht überschritten, wird kurz stark gebremst, dadurch wird der Sollwert unterschritten und es wird gewechselt auf Vollgas. Dieses findet ständig im Wechsel statt und solch ein Zustand ist generell nicht erwünscht.

Wenn diese Schwingungen sehr kurz werden entsteht ein ähnlicher Zustand als würde Gas und Bremse gleichzeitig betätigt werden. Mit diesen Einstellungen kann ein System sehr schnell, korrekt und mit Kraft ohne große Abweichungen reagieren, braucht aber mehr Energie als die, welche für die reine Bewegung notwendig wäre. Dieser Zustand ist allgemein durch hohe Reglerverstärkungen und kurze Nachstellzeiten zu erreichen. Während mit kleineren Verstärkungen und großen Nachstellzeiten der Regler langsamer, aber auch weniger schwinganfällig und energieeffizienter ist.

Es gibt aber auch den Schwingfall bei zu geringer Verstärkung, wenn der Regler zu langsam ist, um das System zu regeln, langsamer als die Reaktion des Systems.

Bei der Regloptimierung ist die Balance zu halten von so weit wie möglich von der Grenze des Schwingens weg zu bleiben, aber auch die Anforderung von Reaktionsschnelligkeit und Genauigkeit zu erfüllen.

Die folgenden Grafiken zeigen Aufnahmen des Strom-Istwertes und des Drehzahl-Istwertes. Es wurden gleiche Bewegungen ausgeführt, aber mit unterschiedlichen Reglereinstellungen. In der Abbildung 28 sind sehr hohe Verstärkungen für den Drehzahlregler gewählt, dadurch hat der Drehzahl-Istwert nur sehr kleine Schwankungen, was ein sehr gutes Folgeverhalten zeigt. Am Anfang, im Bereich des Stillstandes, ist eine leichte Welligkeit zu sehen, die Reglerverstärkung befindet sich also schon nahe der kritischen Verstärkung. Durch die hohe Verstärkung kommen große Stromspitzen beim Anlauf der Achse zustande, auch der Strombedarf im Stillstand ist höher als normal.

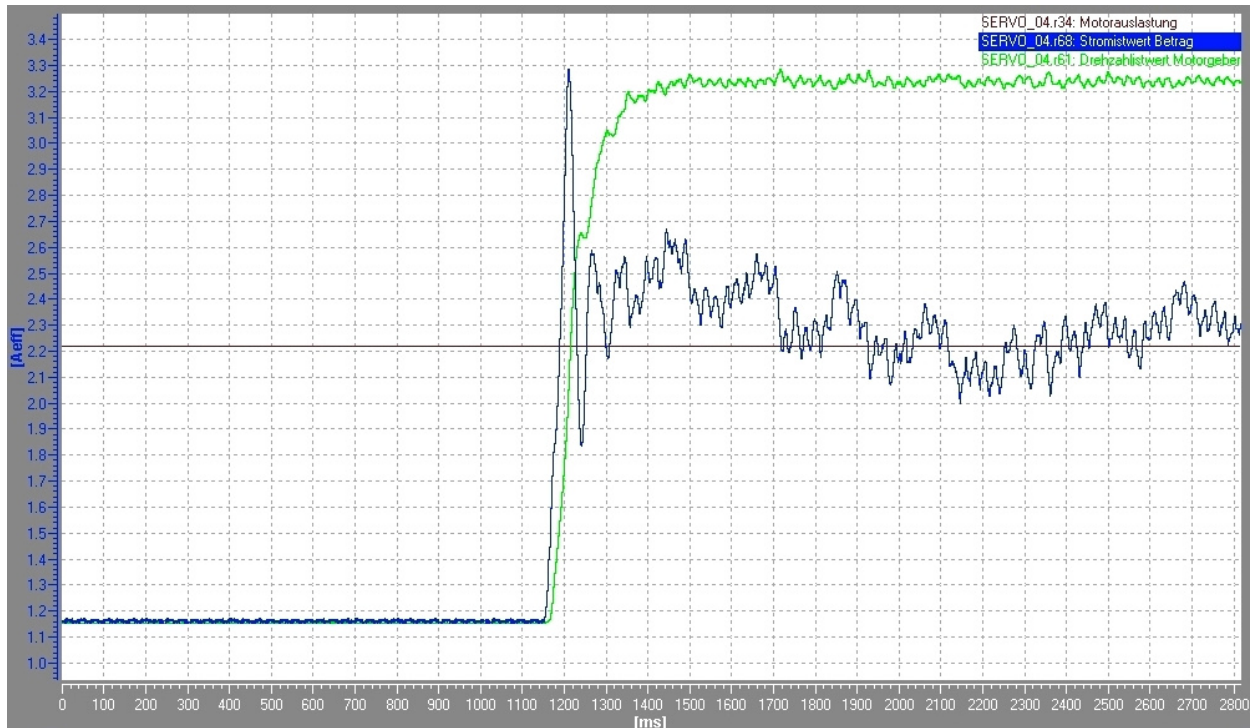


Abbildung 29: Trace mit hoher Verstärkung

In Abbildung 29 wurde eine sehr geringe Verstärkung gewählt. Der Drehzahlwert zeigt starke Schwankungen und ein schlechtes Folgeverhalten. Da keine gleichmäßige Belastung der Motoren sichergestellt werden kann, ist es schwer, Aussagen über den Energieverbrauch während einer Bewegung zu treffen. Nach meinen Schätzungen wird in Abhängigkeit der Reglerparameter der Strombedarf um circa $\pm 5\%$ beeinflussbar sein.

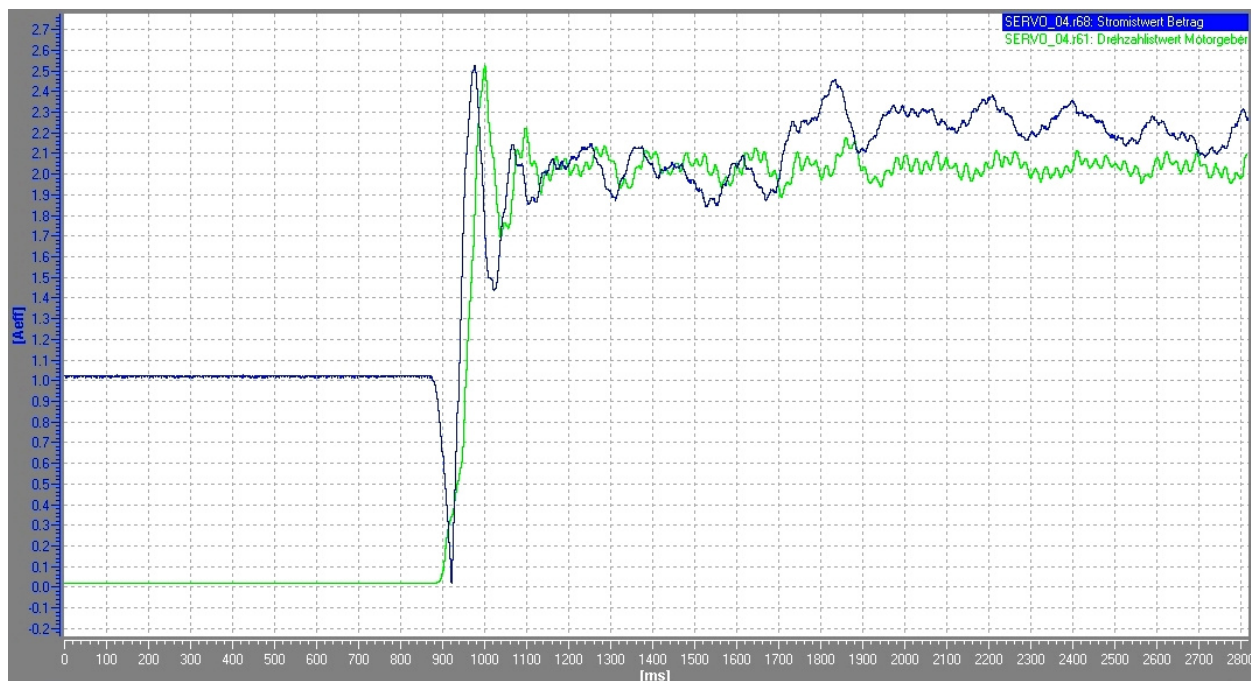


Abbildung 30: Trace mit geringer Verstärkung

6. Betriebsarten und Bedienung der Anlage

Die Steuerung über den LLS ist nur möglich, wenn das Portal sich im Modus „Automatik“ befindet, nur dann werden Aufträge abgearbeitet und ein manueller Eingriff ist nicht möglich. Im Modus „Einrichten“ ist die Bedienung nur über ein "Mobile Panel" möglich und Aufträge vom LLS werden nicht angenommen. Über das "Mobile Panel" ist eine erweiterte Bedienung für die Parametrierung des Portals möglich, sowie eine manuelle Steuerung der Achsen.

6.1 Betriebsart „Einrichten“

6.1.1 Steuerung über ein "Mobile Panel"

Die prinzipiellen Funktionen eines Panels sind die Anzeige und das Eingeben von Parametern, dies dargestellt, in einer dem Benutzer verständlichen und einfachen Bedienoberfläche. Die Parameter liefern Informationen über den Status der Anlage oder Steuern und Beeinflussen den Status der Anlage. Die dazu notwendigen Parameter sind in einem Datenbaustein in der Anlagen-SPS gespeichert, er stellt die Schnittstelle zwischen Panel und Programm der SPS dar. Der Kern der Anlage ist das Programm, welches so angelegt werden muss, dass es durch den Datenbaustein steuerbar ist und auch die Informationen zur Anzeige in diesen hineinschreibt.

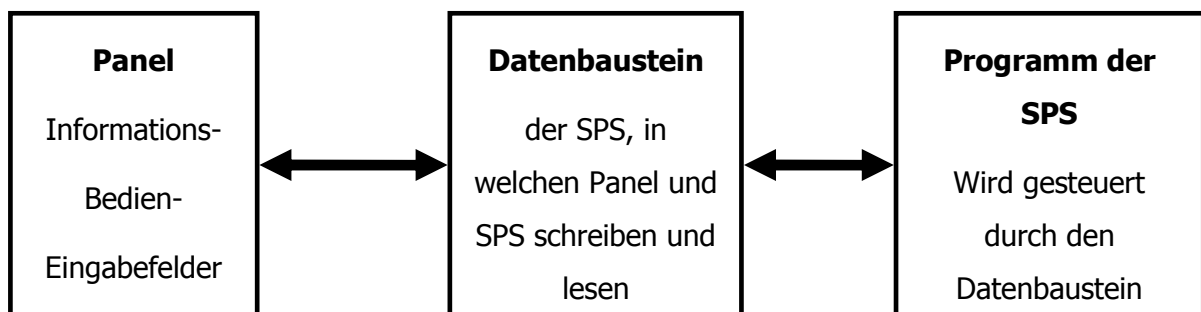


Abbildung 31: Mobile Panel Kommunikation

Die Kommunikation zwischen Programm und Datenbaustein erfolgt in der SPS und stellt somit nichts Außergewöhnliches dar, es ist gleich einem Lesen und Schreiben von jedem beliebigen Datenbereich. Das Panel ist immer über ein Peripherie-Netzwerk der SPS angeschlossen und bei SIEMENS besteht die Möglichkeit der Kommunikation über PROFIBUS oder PROFINet. Der physische Anschluss über ein Kabel ist der günstigste und auch üblich, damit sind in den meisten Fällen die gewünschten Anforderungen erfüllt. Mit dem Fortschritt der Entwicklung ist nun auch eine Kommunikation über W-LAN möglich. In diesem Projekt

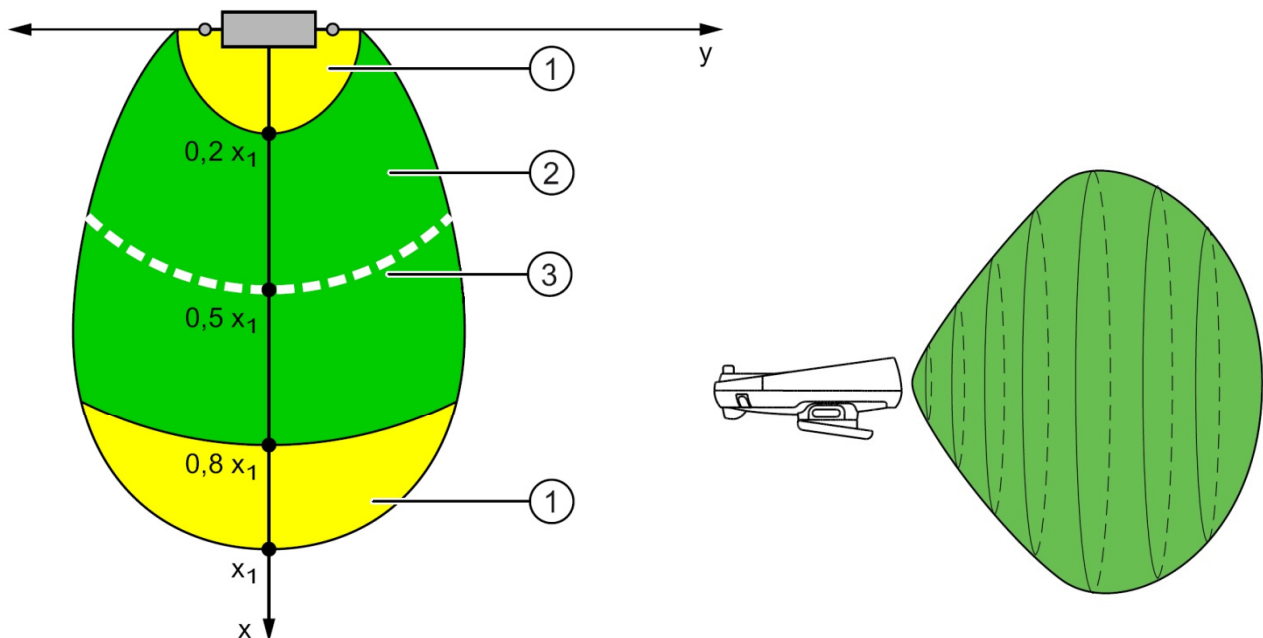
soll von SIEMENS das MP277 F W-LAN eingesetzt werden, um sich mit der neuen Technologie vertraut zu machen.

6.2 MP 277 (F) – WLAN

Dieses Panel ist ein fehlersicheres und verfügt auch über das Protokoll Distributed Safety über PROFIsafe mit den Signalzuständen des Not-Halt-Tasters und der Zustimmungstaster. Das Besondere ist, dass das sichere Protokoll auch über WLAN versendet wird, wie der andere Teil der Bediendaten. Mit dem Einsatz eines W-LAN-Panels ergeben sich ganz andere Möglichkeiten und auch Festlegungen, die beachtet werden müssen, wie z. B. das Festlegen des Wirkbereiches. Jedoch ist zu beachten, das Panel hat einen rot markierten Not-Halt-Taster, es muss also in jedem Fall eine die Safety-Kommunikation projektiert werden, **das Panel darf nicht ohne Safety-Protokoll eingesetzt werden.**

6.2.1 Wirkbereich

Ein Wirkbereich ist der Bereich, in dem Teile der Anlage, z. B. eine Maschine, mit den Zustimmungstastern des Bediengeräts (rechte Abbildung) bedient werden können. Ein Wirkbereich wird physikalisch mit Transpondern (linke Abbildung) geformt, die im Umkreis der Maschine montiert sind.



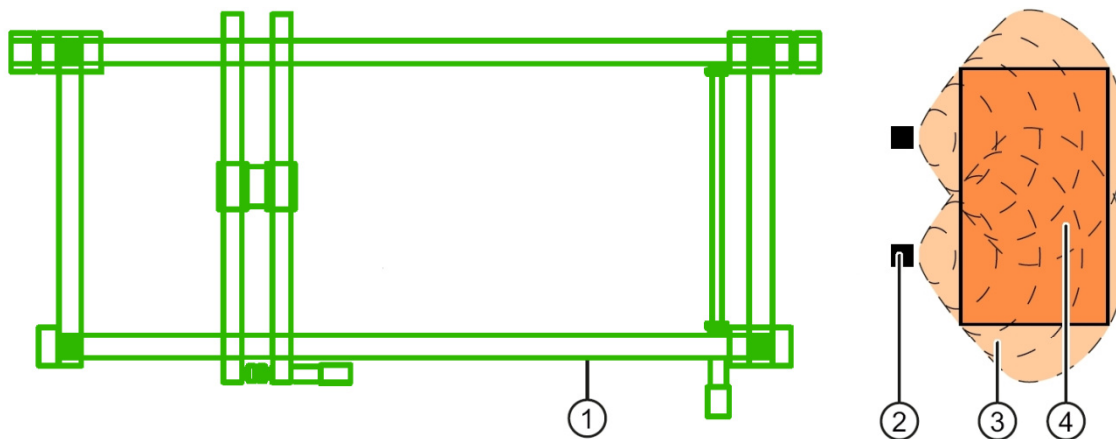
- ① Zone mit schlechter Wirkbereichsqualität
- ② Zone mit guter Wirkbereichsqualität
- ③ Entlang der Linie beträgt die Wirkbereichsqualität 100 %

Abbildung 32: Transponder- und Mobile-Panel-Sendebereich (16)

Der Sendebereich des Transponders und der Empfangsbereich des Bediengeräts haben annähernd die Form einer Keule mit einer Reichweite von ca. 8 m, entspricht x1.

Das Panel befindet sich im Wirkbereich, wenn es sich im Sendebereich des Transponders befindet und der Transponder im Sendebereich des Panels.

An jedem Transponder ist eine eindeutige ID eingestellt und er sendet diese ID in einem keulenförmigen Bereich aus. Diese wird vom Bediengerät empfangen und ermöglicht ihm, seine Entfernung vom Transponder zu bestimmen. Sobald das Bediengerät erkennt, dass es sich innerhalb eines Wirkbereichs befindet, kann der Bediener das Bediengerät am Wirkbereich anmelden. Erst nach erfolgreicher Anmeldung ist eine sichere Bedienung des durch den Wirkbereich abgegrenzten Anlagenteils möglich. Verschiedene Wirkbereiche dürfen sich nicht überlappen.



- ① Maschine, die vom Wirkbereich aus bedient werden soll
- ② Transponder mit Sendebereich in Form einer Keule
- ③ Geplanter Wirkbereich; von hier aus ist eine sichere Bedienung der Maschine möglich
- ④ Tatsächlicher Wirkbereich, von hier aus ist die sichere Bedienung noch möglich

Abbildung 33: Mobile Panel Wirkbereich

Das Bediengerät orientiert sich durch Abstandsmessungen zu den Transpondern und die erfolgt auf folgende Weise:

- Das Bediengerät sendet im laufenden Projekt Signale aus.
- Der Transponder reagiert auf das Signal vom Bediengerät und sendet seine ID zum Bediengerät.
- Das Bediengerät wertet die ID aus und misst nur die Entfernung zu projektierten Transpondern.

Aus Gründen der Sicherheit ist ein Indikator für die Anmeldung am Wirkbereich zwingend erforderlich!

Ein Indikator liefert dem Bediener die Rückmeldung, dass er sich am richtigen Wirkbereich angemeldet hat, was z. B. durch das Aufleuchten einer Lampe angezeigt werden kann.

6.2.2 Abschaltverhalten

In den Funktionen des Panels wird eine Not-Abschaltung auf vier verschiedenen Wegen realisiert.

Not-Halt:

Wird ausgelöst durch das Drücken des Not-Halt-Tasters, welcher unabhängig von den Wirkbereichen ist. Wenn das Panel eine Verbindung zur Anlage hat, löst der Not-Halt-Taster einen sofortigen Stopp in der F-CPU und somit der ihr zugewiesenen Maschinen aus.

Shutdown:

Der Shutdown wird durch die F-CPU ausgelöst und ist wirkbereichsspezifisch.

Wenn die F-CPU einen Kommunikationsfehler bei einem im Wirkbereich angemeldeten Bediengerät erkennt, löst sie den Not-Halt der zum Wirkbereich gehörenden Maschinen aus.

Lokaler Rampdown:

Der lokale Rampdown wird ausgelöst, wenn das Bediengerät am Wirkbereich angemeldet ist und diesen länger als 30 Sekunden verlässt, er ist somit wirkbereichsspezifisch. Je nach Projektierung in der SPS kann z. B. ein definiertes langsames Stoppen der Maschinen des Wirkbereichs ausgelöst werden.

Globaler Rampdown:

Der globale Rampdown wird durch die F-CPU ausgelöst und ist unabhängig von den Wirkbereichen.

Ein globaler Rampdown muss im Sicherheitsprogramm der F-CPU programmiert sein. Er wird in dem Fall aktiv, wenn die F-CPU einen Kommunikationsfehler bei einem in die PROFIsafe-Kommunikation eingegliederten Bediengerät erkennt.

6.2.3 Not-Halt Taster

Mit den sicherheitsbezogenen Teilen des Mobile Panel 277F IWLAN werden folgende Anforderungen erfüllt:

- Kategorie 4 nach EN 954-1
- SIL 3 nach IEC 61508
- PL e und Kat. 4 nach DIN EN ISO 13849-1

Da der Not Halt-Taster am Bediengerät in bestimmten Fällen nicht verfügbar ist, darf er nicht Ersatz für einen festverdrahteten Not-Halt an der Maschine sein.

Wenn durch einen Kommunikationsfehler ein globaler Rampdown ausgelöst wurde, dann steht der Not-Halt des betroffenen Mobile Panels nicht zur Verfügung. In der F-SPS besteht natürlich die Möglichkeit, das "Global Rampdown Signal" so zu verschalten, dass ein Not-Halt ausgelöst wird.

Auch wenn das Bediengerät nicht eingegliedert ist, funktioniert der Not-Halt-Taster nicht. Um Verwechslungen zwischen wirksamen und nicht wirksamen Not-Halt-Tastern zu vermeiden, **darf nur ein eingegliedertes Bediengerät frei zugänglich sein.** Wenn das Bediengerät nicht in Gebrauch ist, muss es in einem verschlossenen Bereich aufbewahrt werden.

Dem zufolge müssen für die Wirksamkeit des Not-Halt-Tasters folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Das Bediengerät wird in der Ladestation oder mit der Batterie betrieben.
- Das Projekt am Mobile Panel 277F IWLAN läuft.
- Das Bediengerät ist in das Sicherheitsprogramm der F-CPU eingegliedert.

Wenn diese Voraussetzungen erfüllt sind, leuchtet die LED "SAFE" am Bediengerät und der Not-Halt-Taster des Mobile Panel 277F IWLAN ist wirksam.

6.2.4 Zustimmtaster

Die Sicherheit der Gefahrenbereiche wird im Automatikbetrieb über geschlossene, trennende Schutzeinrichtungen oder mit nicht trennenden Schutzeinrichtungen, meist auf optischem Prinzip, gewährleistet. Dadurch wird der Zugang verhindert oder ein Zugang festgestellt und die Anlage auf Stopp geschaltet.

Beim Sonderbetrieb oder Einrichtbetrieb muss die Sicherheit auf eine andere Art als im Automatikbetrieb gewährleistet werden, weil im Sonderbetrieb Gefahrenbereiche der Anlage betreten werden und aber trotzdem kontrollierte Bewegungen möglich sein müssen.

Der Zustimmungstaster ist für genau diesen Fall, dass eine Bewegung der Maschine mit Betätigung der Zustimmungseinrichtung möglich ist. Abhängig von der Risikobeurteilung der jeweils geltenden Normen muss für den Sonderbetrieb eine reduzierte Geschwindigkeit an der Anlage festgelegt werden.

Der Taster kann 3 Stellungen einnehmen, die Stellungen 1. und 3. sind Aus-Funktionen, nur die mittlere Stellung ermöglicht eine Zustimmung.

Zustimmungstaster dürfen nur dann eingesetzt werden, wenn Folgendes für die betätigende Person gilt:

- Die Person sieht den Gefahrenbereich ein.
- Die Person ist in der Lage, Personengefährdungen rechtzeitig zu erkennen.
- Die Person ist fähig, sofort Maßnahmen zur Vermeidung von Gefahren zu treffen.

Der Zustimmungstaster ist nur wirksam, wenn das Bediengerät am Wirkbereich angemeldet ist und die LED "RNG" am Bediengerät leuchtet. Der Zustimmungstaster wird nach 5 Sekunden deaktiviert, wenn der Bediener den Wirkbereich verlässt. Nach 30 Sekunden wird der Dialog "Wirkbereich ohne Abmeldung verlassen" geöffnet und die LED "RNG" erlischt erst dann, wenn der Bediener diesen Dialog bestätigt.

Um die Gefahr des Missbrauchs der Zustimmungstaster durch unerlaubte Fixierung zu vermeiden, müssen bei jedem Projektstart die Zustimmungstaster durchgedrückt und wieder gelöst werden.

7.Funktionsnachweis

7.1 Abnahmetest

Die Anforderungen zu einem Abnahmetest gehen aus der EG-Maschinenrichtlinie und der ISO 13849-1 hervor. Dementsprechend ist der Maschinenhersteller verpflichtet, Abnahmetests für sicherheitsrelevante Funktionen und Maschinenteile durchzuführen und ein "Abnahmezertifikat", aus dem die Prüfergebnisse hervorgehen, auszustellen.

7.1.1 Test der Sicherheitsfunktionen

„Bei Verwendung der Safety Integrated Extended Functions (SI-Funktionen) dient der Abnahmetest zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit der im Antrieb genutzten Safety Integrated Überwachungs- und Stopfunktionen. Dazu wird die richtige Umsetzung der definierten Sicherheitsfunktionen untersucht, die implementierten Testmechanismen (Zwangsdynamisierungsmaßnahmen) geprüft, sowie das Ansprechen der einzelnen Überwachungen durch gezielte Verletzung der Toleranzgrenze provoziert. Dies ist sowohl für alle antriebsspezifischen Safety Integrated Bewegungsüberwachungen als auch für die antriebsübergreifende Safety Integrated Funktionalität des Terminal Modules TM54F (falls genutzt) durchzuführen.“ (14)

Werden Parameter für SI-Funktionen verändert, muss ein erneuter Abnahmetest der geänderten SI-Funktion durchgeführt und im Abnahmeprotokoll erfasst werden.

Der Test jeder SI-Funktion ist von einer berechtigten Person durchzuführen und im Abnahmeprotokoll zu protokollieren und muss nach Abschluss von dieser Person unterzeichnet werden. Das Abnahmeprotokoll wird im Logbuch der jeweiligen Maschine hinterlegt. Das Zugriffsrecht für die SI-Parameter muss durch die Vergabe eines Passwortes eingeschränkt werden, auch dieser Vorgang wird im Abnahmeprotokoll dokumentiert. Berechtigt in obigem Sinn ist eine vom Maschinenhersteller befugte Person, die aufgrund ihrer fachlichen Ausbildung und Kenntnis der Sicherheitsfunktionen den Abnahmetest in angemessener Weise durchführen kann.

Um einen partiellen Abnahmetest zu definieren, ist es zuerst erforderlich, die einzelnen Teile des Abnahmetests zu beschreiben und logische Gruppen zu definieren, die die Bestandteile des Abnahmetests darstellen. Die Abnahmetests müssen getrennt für jeden einzelnen Antrieb durchgeführt werden (soweit es die Maschine erlaubt).

7.2 Voraussetzungen für einen Abnahmetest

Folgende Punkte müssen erfüllt sein:

- Die Maschine ist korrekt verdrahtet.
- Alle Sicherheitseinrichtungen (z. B. Schutztürüberwachungen, Lichtschranken, Not-Endschalter) sind angeschlossen und betriebsbereit.
- Die Inbetriebnahme der Steuerung und Regelung sollte abgeschlossen sein, da sonst z. B. der Nachlaufweg durch veränderte Dynamik der Antriebsregelung verändert werden kann. Dazu gehören z. B.:
 - Einstellungen des Sollwertkanals
 - Lageregelung in der übergeordneten Steuerung
 - Antriebsregelung.

Die Abnahmetests sollen so weit wie möglich bei den maximalen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen erfolgen, die an der Maschine möglich sind, um die zu erwartenden maximalen Bremswege und Stoppzeiten zu ermitteln.

7.2.1 Abnahme von SLS und SOS

Der Abnahmetestmodus ist für eine parametrierbare Zeit (p9358/p9558) über die Parameter aktivierbar (p9370/p9570). Nach der Aktivierung können Safety-Meldungen, die normal über ein POWER ON zurückgesetzt werden müssten, einfach quittiert werden. Außerdem kann im Abnahmetestmodus der Antrieb aus der SOS-Grenze (p9331/p9531) verfahren werden. Die Aktivierung des Abnahmetestmodus ist daher nur während des Abnahmetests der Funktionen SOS und SLS mit der Stoppreaktion STOP A oder STOP B sinnvoll.

Die Anwahl des SOS kann wahlweise direkt oder über einen SS2 erfolgen (mit deaktiviertem Abnahmetestmodus). Um auch im Zustand SS2 eine Verletzung der Stillstandsgrenzen auslösen zu können, wird mit aktivem Abnahmetestmodus die Bremsrampe von SS2 deaktiviert, ein Verfahren des Motors ist damit möglich. Bei der Quittierung einer SOS-Verletzung im aktiven Abnahmetestmodus wird die aktuelle Position als neue Stillstandsposition übernommen.

7.3 Inhalt des vollständigen Abnahmetests

/sinngemäße Übernahmen aus (14) und (7)/

Der vollständige Abnahmetest mit allen Informationen und Tabellen ist nicht im gedruckten Exemplar der Arbeit enthalten, dieser würde durch den großen Umfang den Rahmen sprengen. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die Inhalte der einzelnen Punkte der Abnahme gegeben. Der vollständige Abnahmetest befindet sich in digitaler Form auf der CD, die mit zur Arbeit eingereicht wurde.

7.3.1 Dokumentation der Maschine inkl. Sicherheitsfunktionen

1. Maschinenbeschreibung (mit Übersichtsbild)
2. Werte aus relevanten Parametern
3. Funktionstabelle

Aktive Überwachungsfunktionen in Abhängigkeit der Betriebsart und der Schutztüre bzw. sonstiger Sensorik. Diese Tabelle sollte Gegenstand bzw. Ergebnis der Projektierungsarbeit sein.

4. SI-Funktionen pro Antrieb
5. Antriebsspezifische Daten pro Antrieb
6. Angaben zu den Sicherheitseinrichtungen

7.3.2 Funktionstest Teil 1

Generelle Funktionsüberprüfung inkl. Überprüfung der Verdrahtung/Parametrierung

1. Test der Abschaltpfade, STO und SBC
(Überprüfung der Zwangsdynamisierung der Ein- und Ausgänge)
2. Test der Stopp-Funktionen SS1 und SS2
4. Test der Not-Halt-Funktion und der Sicherheitskreise
5. Testumschaltung der SI-Funktionen

7.3.3 Funktionstest Teil 2

Detaillierte und wertmäßige Funktionsüberprüfung der einzelnen genutzten SI-Funktionen.

1. Test der SI-Funktion "Safe Operating Stop" (SOS)
(Jeweils mit ausgewertetem Messdiagramm bzw. Messwerten)
2. Test der SI-Funktion "Safely-Limited Speed" (SLS)
(Jeweils mit ausgewertetem Messdiagramm bzw. Messwerten)
3. Test der SI-Funktion "Safe Speed Monitor" (SSM)
(Jeweils mit ausgewertetem Messdiagramm bzw. Messwerten)

7.3.4 Protokollabschluss

Protokollierung des geprüften Inbetriebnahmestandes und Gegenzeichnungen

1. Kontrolle der SI-Parameter
2. Überprüfung der vorliegenden Safety-Firmware-Versionen auf Zulässigkeit mittels der Tabelle im Bereich "Produkt Support" von Siemens im Internet.
3. Protokollierung der Checksummen (pro Antrieb)
4. Vergabe des Safety-Passwortes und Protokollierung dieses Vorganges
(Nicht im Protokoll angeben!)
5. RAM to ROM-Sicherung und Heraufladen des Projektes in STARTER und Sicherung des Projektes
6. Gegenzeichnung von Inbetriebnehmer und Maschinenhersteller

9.Auswertung und Ausblick

Bei der Fertigstellung dieser Arbeit war die Realisierung der neuen Struktur in der BWF noch nicht vollständig abgeschlossen. In diesem Kapitel wird ein Resümee gegeben, was im Moment schon abzusehen ist.

Das neue Konzept der Auftragsverwaltung im LLS wurde flexibel gestaltet, um auch für den Einsatz in der Industrie anpassbar zu sein. Z. B. können verschiedene Parameter in die Verbindungsliste eingefügt werden, die als Kriterien zur Routenfindung genutzt werden können. Verschiedenste Parameter sind je nach Einsatz möglich, wie Transportdauer, Wegstrecke, Energieverbrauch und andere relevante Größen für den Transport. Aus diesem Grund ist das System flexibel und auch offen für weitere Entwicklungen und Anpassungen an die Industrie. Die grundsätzlichen Forderungen nach höherer Effektivität und Schnelligkeit der Transporte wurde erfüllt.

Der Einsatz des SINAMICS S120 Antriebsverbundes ist in allen Anforderungen gerecht geworden. Die „Drive CLiQ“-Schnittstelle weist nach diesen Erfahrungen viele Vorteile auf. Vor allem die schnelle unkomplizierte Inbetriebnahme, da angeschlossene Komponenten erkannt und identifiziert werden, damit werden funktionierende Voreinstellungen geladen. Auch die Software STARTER ist logisch und übersichtlich zu bedienen, es bieten sich viele Möglichkeiten die Achsen für die Anforderungen anzupassen.

Bei dem Betrieb von vier Achsen im Modus „Einfachpositionierer“ an einer CU320 war die Verringerung der Abtakte notwendig, weil die Rechenleistung nicht ausreichend ist. Dies war in diesem Anwendungsfall ohne Probleme und Folgefehler möglich, es musste keine zweite CU zur Steuerung der Achsen eingesetzt werden.

Die "Sicheren Funktionen" der Achsen über PROFIsafe wurden dokumentiert sowie in der Steuerung projektiert. Diese Funktionen geben der Anlage eine große Vielfalt und Möglichkeiten zur Realisierung der Sicherheitsfunktionen und es wurden die meisten Funktionen in der Anlage projektiert. Das Wissen wird der Firma Hiersemann im späteren industriellen Einsatz solcher Anlagen sehr hilfreich sein.

Gerade in großen Industrieanlagen und langen Produktionsstrecken ist es sinnvoll, den PROFIsafe einzusetzen. Durch die F-Programmierung sind wesentlich komplexere Not-Szenarien projektiertbar und auf den Prozessablauf anzupassen. Die Verknüpfung unterschiedlicher Steuerungen und Not-Halt-Systeme ist ohne Weiteres möglich.

Die Flächenscanner konnten nicht wie geplant eingesetzt werden, da zum einen zu wenig Raum war, um die geforderten Sicherheitsabstände einzuhalten, zum anderen ist durch die Flexibilität der Zellen und Rollenbahnen die Anpassung des gescannten Sicherheitsbereiches nicht ausreichend zu realisieren. Der Gefahrenbereich wurde durch trennende Schutzeinrichtungen gesichert, mit dem Anbringen von Schutzgittern und einer verriegelten Zugangstür.

Die Projektierung, Programmierung und der Abnahmetest der „Sicheren Funktion“ nimmt einen großen Zeitraum ein. Auch die F-SPS, die sicheren Baugruppen und die Safety-Lizenz der Achsen bringen erhebliche Investitionen mit sich. Deswegen muss in jedem Einzelfall abgewogen werden, ob dieser Mehraufwand gerechtfertigt ist. Die einfachen Funktionen wie STO stehen auch in der Standardvariante ohne PROFIsafe zur Verfügung. Wenn aber mehr Funktionen, als die Standard-Safety-Funktionen, notwendig sind, ist eine Ansteuerung über PROFIsafe Voraussetzung. Aus diesen Gründen ist ein Einsatz von PROFIsafe nur sinnvoll, wenn die größere Funktionalität gefordert ist und dies auch den Mehraufwand rechtfertigt.

10. Abspann

10.1 Literaturverzeichnis

1. **Prof. Dr.-Ing. Egon Müller, Dr.-Ing. Jörg Ackermann.** *Baukasten für wandlungsfähige Fabriksysteme.* [Buch] Chemnitz : s.n., Oktober 2009. ISBN: 978-3-940019-80-6.
2. **Siemens AG.** *Produktspektrum Safety Integrated.* 90026 NÜRNBERG : s.n., 2009.
3. —. Safety Evaluation Tool. [Online] 09. 03 2010. [Zitat vom: 16. 03 2010.] <https://eb.automation.siemens.com/spice/sid/main/sid.jsf>.
4. **Ulbricht, Thomas.** *Diplomarbeit.* Chemnitz : Hochschule Mittweida, 2008. Integration eines automatisierten Bodentransportfahrzeugs (aBTF) in ein innovatives Steuerungs- und Leitsystem.
5. **Hiersemann Prozessautomation.** *Funktionen für Portal,* Technische Universität Chemnitz. [Präsentation] Chemnitz : Hiersemann, 2009.
6. **Siemens AG.** *Fehlersichere Steuerungen SIMATIC.* [Pr] [Hrsg.] Automation and Drives. D-90327 Nürnberg : s.n., April 2004. 6ZB5310-0KE01-0BA4.
7. —. *S7 Distributed Safety Projektieren und Programmieren.* Nürnberg : s.n., 10 2007.
8. **Leuze electronic GmbH & Co KG.** *Rotorscan RS4 Originalbetriebsanleitung.* D - 73277 Owen -Teck : s.n., 2009. Version 8.4.
9. **Leuze electronic.** Tastende Laserscanner · Beispiel einer stationären Bereichsüberwachung. [Online] 19. 10 2009. [Zitat vom: 07. Januar 2010.] <http://www.arbeitssicherheit.leuze.de>.
10. **Siemens AG.** *Programm-Hilfe SIMATIC Manager S7.* 26. Oktober 2007.
11. **Siemens Automation.** DRIVE-CLiQ & Elektronische Typenschilder. [Online] 2001-2009. [Zitat vom: 16. 11 2009.] <http://www.automation.siemens.com/mc/mc-sol/de/95ab7138-df81-4ebb-ad8c-336426e413b4/index.aspx#99771e5c-928d-475a-8322-73279da89660>.
12. **Siemens AG.** *SINAMICS S120 Funktionshandbuch.* 90026 NÜRNBERG : s.n., 10 2008. 6SL3097-2AB00-0AP5.
13. —. *HTML Hilfe für die Software STARTER.* Version 4.74.9273.
14. —. *Safety Integrated Funktionshandbuch.* Oktober 2008.
15. **Rexroth, Bosch.** *Indramat.* [Programmhilfe] Software DriveTop16 : s.n.
16. **Siemens AG.** *Fehlersicherer Betrieb des Mobile Panel 277F IWLAN.* 90026 NÜRNBERG : s.n., 08 2008. 6AV6691-1FQ01-2AA0.

10.2 Anhang

10.2.1 Zeichnung der Fabrik

10.2.2 Telegramm 110

Antrieb:		Telegramm 110 PZD 12/7	
Senden			
STW1	Bitw	Steuerwort 1	
	0	AUS1 aktiv	
	1	AUS2 aktiv	
	2	AUS3 aktiv	
	3	Betrieb freigeben	
	4	EPOS Verfahrtauftrag verwerfen	
	5	EPOS Zwischenhalt	
	6	EPOS Verfahrtauftrag aktivieren (0->1)	
	7	Quittierung Störungen	
	8	EPOS Tippen 1 Signalquelle	
	9	EPOS Tippen 2 Signalquelle	
	10	Führung durch PLC	
	11	EPOS Referenzierung Start	
	12	-	
	13	EPOS Externer Satzwechsel (0->1)	
	14	-	
15	-		
SATZANW	Bitw	Satzanwahl	
	0	EPOS Verfahrsatz Anwahl Bit 0	
	1	EPOS Verfahrsatz Anwahl Bit 1	
	2	EPOS Verfahrsatz Anwahl Bit 2	
	3	EPOS Verfahrsatz Anwahl Bit 3	
	4	EPOS Verfahrsatz Anwahl Bit 4	
	5	EPOS Verfahrsatz Anwahl Bit 5	
	...	-	
	15	EPOS Sollwertdirektvorgabe /MDI Anwahl	
	POS_STW	Bitw	Positions-Steuerwort
0		EPOS Nachführbetrieb Anwahl	
1		EPOS Referenzpunkt setzen	
2		EPOS Referenzpunktfahrt Referenznocken	
3		-	
4		-	
5		EPOS Tippen inkrementell	
...		-	
STW2	Bitw	Steuerwort 2	
	0	Antriebsdatensatz-Anwahl DDS Bit 0	
	1	Antriebsdatensatz-Anwahl DDS Bit 1	
	2	Antriebsdatensatz-Anwahl DDS Bit 2	
	3	Antriebsdatensatz-Anwahl DDS Bit 3	
	4	Antriebsdatensatz-Anwahl DDS Bit 4	
	5	-	
	6	-	
	7	Parkende Achse Anwahl	
	8	Fahren auf Festanschlag Aktivierung	
	9	-	
	10	-	
	11	Motorumschaltung Rückmeldung	
	12	Master-Lebenszeichen Bit 0	
	13	Master-Lebenszeichen Bit 1	
	14	Master-Lebenszeichen Bit 2	

	15	Master-Lebenszeichen Bit 3
OVERRIDE	Int	Geschwindigkeits-Override
MDI_TARPOS	DInt	Sollwertdirektvorgabe Position
MDI_VELOCITY	DInt	Sollwertdirektvorgabe Geschwindigkeit
MDI_ACC	Int	Sollwertdirektvorgabe Beschleunigung
MDI_DEC	Int	Sollwertdirektvorgabe Verzögerung
MDI_MODE	Int	Sollwertdirektvorgabe Modus
Empfangen		
ZSW1	Bitw	Zustandswort 1
	0	Einschaltbereit
	1	Betriebsbereit
	2	Betrieb freigeben
	3	Störung wirksam
	4	Kein Austrudeln aktiv
	5	Kein Schnellhalt aktiv
	6	Einschaltsperr aktiv
	7	Warnung wirksam
	8	Schleppabstand in Toleranz
	9	Führung gefordert
	10	Zielposition erreicht
	11	Referenzpunkt gesetzt
	12	Quittierung Verfahrssatz aktiviert
	13	n_ist < Drehzahlsschwellenwert 3
AKTSATZ	Bitw	Aktueller Satz
	0	Aktiver Verfahrssatz Bit 0
	1	Aktiver Verfahrssatz Bit 1
	2	Aktiver Verfahrssatz Bit 2
	3	Aktiver Verfahrssatz Bit 3
	4	Aktiver Verfahrssatz Bit 4
	5	Aktiver Verfahrssatz Bit 5
	...	
	15	MDI aktiv
POS_ZSW	Bitw	Positionierzustandswort
	0	Nachführbetrieb aktiv
	1	Geschwindigkeitsbegrenzung aktiv
	2	Sollwert steht
	3	-
	4	Achse fährt vorwärts
	5	Achse fährt rückwärts
	6	Software-Endschalter Minus angefahren
	7	Software-Endschalter Plus angefahren
	8	Lageistwert <= Nockenschaltposition 1
	9	Lageistwert <= Nockenschaltposition 2
	10	Direktausgabe 1 über Verfahrssatz
	11	Direktausgabe 2 über Verfahrssatz
	12	Festanschlag erreicht
	13	Festanschlag Klemmmoment erreicht
	14	Fahren auf Festanschlag Aktivierung
	15	-
ZSW 2	Bitw	Zustandswort 2
	0	DDS wirksam Bit 0
	1	DDS wirksam Bit 1
	2	DDS wirksam Bit 2

	3	DDS wirksam Bit 3
	4	DDS wirksam Bit 4
	5	-
	6	-
	7	Parkende Achse aktiv
	8	Fahren auf Festanschlag aktiv
	9	-
	10	-
	11	Motordatensatzumschaltung aktiv
	12	Slave-Lebenszeichen Bit 0
	13	Slave-Lebenszeichen Bit 1
	14	Slave-Lebenszeichen Bit 2
	15	Slave-Lebenszeichen Bit 3
MELDW	Bitw	Meldungswort
	0	Hoch-/Rücklauf beendet
	1	Momentenausnutzung < Drehmomentenschwellenwert
	2	n_ist < Drehzahlschwellenwert 3
	3	n_ist < Drehzahlschwellenwert 2
	4	-
	5	-
	6	Warnung Übertemperatur Motor
	7	Warnung thermische Überlast Leistungsteil
	8	Drehzahl-Soll-Ist-Abweichung in Toleranz t_Ein (ja=1)
	9	-
	10	-
	11	Reglerfreigabe
	12	Antrieb bereit
	13	Impulse freigegeben
XIST_A	DInt	Lageistwert A

10.2.3 Telegramm 390

Control Unit:		Telegramm 390 PZD 2/2
Senden		
CU_STW1	Bitw	CU_Steuerwort 1
	0	Zentraler Messtaster Synchronisationssignal ein
	1	RTC Echtzeitsynchronisation PING ein
	2	-
	3	-
	4	-
	5	-
	6	-
	7	Quittieren Störung ein
	8	-
	9	-
	10	-
	11	-
	12	Master Lebenszeichen Bit 0
	13	Master Lebenszeichen Bit 1
	14	Master Lebenszeichen Bit 2
	15	Master Lebenszeichen Bit 3
A_DIGITAL	Bitw	Verschaltung
	0	CU Signalquelle für Klemme DI/DO 8

1	CU Signalquelle für Klemme DI/DO 9
2	CU Signalquelle für Klemme DI/DO 10
3	CU Signalquelle für Klemme DI/DO 11
4	CU Signalquelle für Klemme DI/DO 12
5	CU Signalquelle für Klemme DI/DO 13
6	CU Signalquelle für Klemme DI/DO 14
7	CU Signalquelle für Klemme DI/DO 15
8	-
9	-
10	-
11	-
12	-
13	-
14	-
15	-

Empfangen

CU_ZSW1

Bitw	CU_Zustandswort 1
0	-
1	-
2	-
3	Störung wirksam
4	-
5	-
6	-
7	Warnung wirksam
8	Systemzeit ist synchronisiert
9	Warnung steht an
10	Störung steht an
11	Safety-Meldung steht an
12	Slave Lebenszeichen Bit 0
13	Slave Lebenszeichen Bit 1
14	Slave Lebenszeichen Bit 2
15	Slave Lebenszeichen Bit 3

E_DIGITAL

Bitw	Verschaltung
0	DI/DO 8 (X122.7/X121.7)
1	DI/DO 9 (X122.8/X121.8)
2	DI/DO 10 (X122.10/X121.10)
3	DI/DO 11 (X122.11/X121.11)
4	DI/DO 12 (X132.7)
5	DI/DO 13 (X132.8)
6	DI/DO 14 (X132.10)
7	DI/DO 15 (X132.11)
8	DI 0 (X122.1/X121.1)
9	DI 1 (X122.2/X121.2)
10	DI 2 (X122.3/X121.3)
11	DI 3 (X122.4/X121.4)
12	DI 4 (X132.1)
13	DI 5 (X132.2)
14	DI 6 (X132.3)
15	DI 7 (X132.4)

10.2.4 Telegramm 370

Einspeisung:		Telegramm 370 PZD 1/1
Senden		
E_STW1	Bitw	Einspeisung_Steuerwort 1
	0	Ein für AUS1
	1	Ein für AUS2
	...	
	7	Quittierung Störung
	...	
	10	Führung durch PLC ein
Empfangen		
E_ZSW1	Bitw	Einspeisung_Zustandswort 1
	0	Einschaltbereit JA?
	1	Betriebsbereit
	2	Betrieb freigeben
	3	Störung wirksam
	4	kein AUS2 aktiv
	5	-
	6	Einschaltsperr aktiv
	7	Warnung wirksam
	8	-
	9	Führung gefordert
	10	-
	11	Vorladung beendet
	12	Netzschutz geschlossen

10.2.5 OPC Datenfächer

Art	Nr.	Beschreibung	Typ
Auftrags-Signale vom LLS	1	Position_Holen_X	DINT
	2	Position_Holen_Y	DINT
	3	Position_Holen_Z	DINT
	4	Position_Holen_RZ	DINT
	5	Position_Ablegen_X	DINT
	6	Position_Ablegen_Y	DINT
	7	Position_Ablegen_Z	DINT
	8	Position_Ablegen_RZ	DINT
	9	Typ (LE / LH) 1: Ladungseinheit 2: Ladungshilfsmittel	Integer
	10	Start	Bool
	11	Auftragsnummer	Integer
	12	Geschwindigkeit (Override)	Integer
	13	Beschleunigung (Override)	Integer
Auftrags-Sig. vom Portal	14	Auftrags-Status: 1: Bereit für Auftragsübernahme 2: Auftrag läuft 3: Auftrag beendet (IO) 4: Auftrag abgebrochen / Fehler 5: Auftrag ungültig 6: Auftrag Pausiert	Integer
	15	Auftragsnummer (Rückmeldung)	Integer
Betriebsdatenerfassung	12	Steuerspannung Ein	bool
	13	Betriebsart Automatik aktiv	Bool
	14	Betriebsart Hand aktiv	Bool
	15	Kein Not-Aus 1	Bool
	16	Kein Not-Aus 2	Bool
	17	Kein Not-Aus 3	Bool
	18	Einschaltbedingung IO	Bool
	19	Portal steht still	Bool
	20	Portal in Grundstellung	Bool
	21	Portal in Referenz	Bool
	22	Status Greifer 1: Greifer LH "ZU" 2: Greifer LH "AUF" 3: Greifer LE "ZU" 4: Greifer LE "AUF"	Integer
	23	Typ (LE / LH) 1: Ladungseinheit 2: Ladungshilfsmittel	Integer
	24	aktuelle_Position_X	Dint
	25	aktuelle_Position_Y	Dint
	26	aktuelle_Position_Z	Dint
	27	aktuelle_Position_RZ	Dint
	28	Reserve	Integer[10]
Fehler	29	Störungen (Bitmuster)	Bool[128]
	30	Warnungsnummer (Bitmuster)	Bool[128]
	31	Störung aktiv	Bool
	32	Warnung aktiv	Bool
	33	Quittierung Störung	Bool